

Petteri Wallin

**TUOTANTOJÄRJESTELMÄN KEHITYS
PIENSARJATUOTANNOSSA**

TUOTANTOJÄRJESTELMÄN KEHITYS PIENSARJATUOTANNOSSA

Petteri Wallin
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotantotekniikka

Tekijä: Petteri Wallin

Opinnäytetyön nimi: Tuotantojärjestelmän kehitys piensarjatuotannossa

Työn ohjaajat: Juha Murtomäki ja Tauno Jokinen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2018

Sivumäärä: 56 + 5 liitettä

Tämän opinnäytetyön aiheena oli kehittää Laihialla sijaitsevan T-DRILL Oy:n tuotantojärjestelmää. T-DRILL Oy suunnittelee ja valmistaa putken haaroitukseen ja käsittelyyn käytettäviä koneita ja laitteita. Työn ensimmäisenä tavoitteena oli kartoittaa tuotannon layoutin kehityskohteita ja kehittää tutkimuksen pohjalta uusia layout-suunnitelmia sekä antaa tietoa muutoksiin tarvittavista toimista ja kustannuksista. Toisena tavoitteena oli tarkastella kahden tuotteen kokoonpanoprosessi.

Työ aloitettiin tutustumalla teoreettisesti tuotantojärjestelmän kehitysmenetelmiin, pääasiassa lean-ajatteluun ja layout-suunnitteluun. Teoreettisen osion jälkeen aloitettiin tehtaaseen tutustuminen, jonka perusteella raportoitiin tehtaan nykytilasta. Nykytilan kuvauksessa havaittiin layoutin kehityskohteet, joista tärkeimmät olivat tuotantotilan kasvattaminen, materiaalivarastoinnin kehittäminen ja materiaalivirtojen selkeyttäminen sekä layout-suunnittelua rajoittavat tekijät, joista merkittävin oli hallinosturin sijainti. Saatujen tietojen perusteella suunniteltiin erilaisia layout-malleja yritykselle. Suunnittelun jälkeen tehtiin arviointi layout-mallien kustannuksista ja tuotannon kapasiteetin tarpeesta. Layout-suunnittelun jälkeen tutustuttiin kokoonpanokehityksen teoriaan ja tehtiin kahdelle tuotteelle kokoonpanotarkastelu, jossa esiteltiin tuotteiden tämän hetkinen kokoonpanoprosessi. Nykyistä kokoonpanoprosessia tarkasteltiin ja tarkastelun pohjalta suunniteltiin useampia kehitysehdotuksia, joita olivat muun muassa puolivalmisteiden valmistus, koeajopöytäkirjan muuttaminen sähköiseen muotoon ja komponenttien valmistaminen alihankinnassa.

Työn tuloksena saatiin kuvaus tehtaan nykytilasta, viisi layout-mallia, viiden layout-mallin materiaalivirtojen kuvaukset ja kahden tuotteen kokoonpanotarkastelut. Työssä laadittuja dokumentteja yritys voi käyttää apuna päättäessään mahdollisista tulevista layout-muutoksista. Kokoonpanotarkasteluissa luoduilla kehitysehdotuksilla pystytään tehostamaan tuotannon työskentelyä.

Asiasanat: kokoonpano, layout, lean, tuotantojärjestelmä

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

Author: Petteri Wallin
Title of thesis: Production System Development in Short-Run Production
Supervisors: Juha Murtomäki and Tauno Jokinen
Term and year when the thesis was submitted: spring 2018
Pages: 56 + 5 appendices

The subject for the thesis was production system development for T-DRILL Oy. The company is a manufacturer of high-tech tube and pipe fabrication solutions. Thesis had two main targets. The first was to map out development issues for the production layout and produce new layout plans and calculation of the cost. The second target was to study assemblies of two products.

The theoretical part of the thesis consists of lean thinking, layout-planning and assembly development methods. The description of the present state of the plant was made after the theoretical part. In description the movements of the workers and materials were monitored, the current positions of different parts of the production were described and the constraints of layout design were mapped. Most important targets of development were increasing the production area and developing of stockpile and material flows. The limiting factor in layout-design was the position of crane. Based on the observed information, layout designs were made for the company. After layout design, an assessment was made of the cost of the layout templates and the need of production capacity. After layout design descriptions of the product assembly processes were made. Next phase was to observe and produce information from assembly process. Most important development idea was production of semifinished goods.

The result of the thesis was five layout templates, five descriptions of the material flow, description of the current state of the plant and two product examinations of the assembly. The company can use layout templates to help them make decision of the layout change. The suggestion made for development on the basis of the examination can be used to increase the efficiency of the production.

Keywords: assembly, layout, lean, production system

ALKULAUSE

Haluan kiittää T-DRILL Oy:n tuotantopäällikkö Juha Murtomäkeä opinnäytetyön aiheesta ja sen ohjauksesta. Kiitän myös tuotannonkehitysinsinööri Aki Alasta ja työnjohtaja Pentti Kauppista avusta ja hyvistä neuvoista opinnäytetyön aikana.

Lisäksi kiitän ohjaavaa opettajaa Tauno Jokista opinnäytetyön ohjauksesta.

Vaasassa 17.2.2018

Petteri Wallin

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
1.1 T-DRILL Oy	8
1.2 Työn tavoite	8
1.3 Työn rakenne	9
2 TUOTANTOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELUMENETELMÄT	10
2.1 Lean-ajattelu	10
2.1.1 Seitsemän hukkaa -periaate (Muda)	10
2.1.2 Jatkuva parantaminen ja PDCA-sykli	12
2.1.3 Imuohjaus	13
2.1.4 5S	14
2.2 Layout-suunnittelu	16
2.2.1 Tuotantolinjalayout	16
2.2.2 Funktionaalinen layout	17
2.2.3 Solulayout	18
2.2.4 Layoutin valinta	19
2.3 Spagettikaavio	19
3 UUSIEN LAYOUT-MALLIEN SUUNNITTELU	20
3.1 Nykytilan kuvaus	20
3.2 Uusien layout-mallien suunnittelu PDCA-mallin mukaisesti	23
3.2.1 Suunnitelman tavoitteet ja rajoittavat tekijät (Plan)	23
3.2.2 Toteutus (Do)	24
3.2.3 Tarkastelu (Check) ja layout-mallit (Act)	25
3.3 Kustannuslaskelmat ja layout-mallien vertailu	35
3.4 Kapasiteetilaskelmat	37
3.5 Kapasiteetin kehitysideat	39
4 TUOTTEIDEN KOKOONPANOTARKASTELU	41
4.1 Kokoonpano	41

4.2 Manuaalisen kokoonpanon kehittäminen	42
4.3 Tilauksesta kokoonpano	45
4.4 Työn tutkimus	46
4.5 Kaulustuskoneen kokoonpanotarkastelu	46
4.6 Laipoituskoneen kokoonpanotarkastelu	48
4.7 Kokoonpanon kehitysideat	50
5 YHTEENVETO	52
LÄHTEET	55
LIITTEET	
Liite 1 Layout-malli 1: materiaalivirrat	
Liite 2 Layout-malli 2: materiaalivirrat	
Liite 3 Layout-malli 3: materiaalivirrat	
Liite 4 Layout-malli 4: materiaalivirrat	
Liite 5 Layout-malli 5: materiaalivirrat	

1 JOHDANTO

1.1 T-DRILL Oy

Tämä opinnäytetyö on tehty toimeksiantona putkentyöstökoneita valmistavalle T-DRILL Oy:lle. Yritys suunnittelee ja valmistaa putken haaroitukseen ja käsittelyyn käytettäviä koneita ja laitteita, pienistä käsikoneista isoihin teollisuuskoneisiin. Yrityksen toimipisteet sijaitsevat Laihialla ja Isossakyrössä. Näiden lisäksi yrityksellä on myynti- ja huoltokonttori Atlantassa, Yhdysvalloissa. (1.) Yritys työllistää Suomessa 85 työntekijää ja 15 työntekijää Yhdysvalloissa. Vuonna 2016 yrityksen liikevaihto oli 12 miljoonaa euroa. T-DRILL Oy kuuluu osaksi Leinolat Groupia. Vuodesta 2011 yrityksen toimitusjohtajana on toiminut Anne Hanka. (2.)

T-DRILLillä on takanaan kymmenien vuosien kokemus, ja se on panostanut erityisesti tuotekehitykseen, huoltoon ja tehokkaaseen tuotantoon. Tämä on tehnyt yrityksestä oman alansa edelläkävijän. T-DRILLin tavoitteena on kehittää suunnittelua ja toimintaansa jatkuvasti ja organisaationsa jokaisella tasolla, mikä takaa asiakastyytyväisyyden ja mahdollistaa vuorovaikutuksen ympäristön kanssa. (1.)

1.2 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa tuotannon layoutin kehityskohteita ja kehittää tutkimuksen pohjalta uusia layout-suunnitelmia sekä kerätä tietoa muutoksiin tarvittavista toimista ja kustannuksista. Toisena pääkohtana on kahden tuotteen kokoonpanotarkastelu. Tässä työssä tuotantolinjan suunnittelu pohjautuu lean-ajatteluun ja layout-suunnittelun teoriaan.

Lean on prosessijohtamisen filosofia, jossa yritystä ja sen toimitusketjua tarkastellaan kokonaisuutena. Lean-ajattelu perustuu asiakkaalle tuotettuun arvoon. Lean-ajattelun kulmakiviä ovat hukkien poistaminen ja jatkuvan parantamisen periaate. (3.) Termi layout on vakiintunut käsitteeksi, kun puhutaan tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten koneiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelusta tuotantotiloissa. (4, s. 475.)

1.3 Työn rakenne

Opinnäytetyö käsittelee ensiksi tuotantojärjestelmän suunnittelumenetelmiä. Työssä perehdytään lean-ajattelun keskeisimpiin periaatteisiin ja hyvän layoutin ominaisuuksiin. Sen jälkeen esitellään T-DRILLin tuotannon nykytila ja uusien layout-vaihtoehtojen suunnittelu. Suunnitelmissa keskitytään tuotantojärjestelmän materiaalivirtoihin, materiaalivarastojen ja kokoonpanopisteiden sijoitteluun.

Seuraavaksi esitellään kokoonpanotarkastelu ja kahden tuotteen kokoonpanotarkastelun toteutus. Kokoonpanotarkastelussa paneudutaan tarkemmin tuotteen kokoonpanoprosessiin ja sen kehittämiseen. Lopuksi esitellään työn yhteenveto, lopputulokset ja johtopäätökset sekä jatkotutkimusehdotukset.

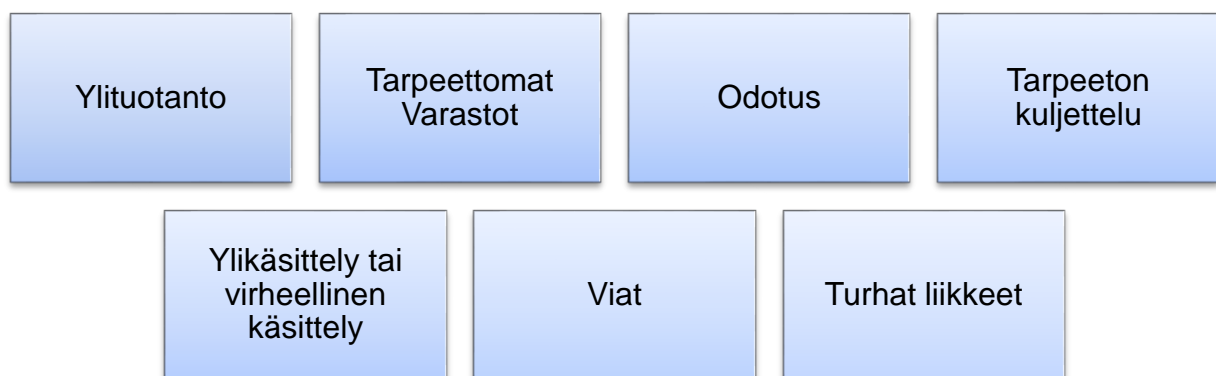
2 TUOTANTOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELUMENETELMÄT

2.1 Lean-ajattelu

Lean-ajattelu perustuu Taiichi Ohnon kehittämään Toyotan tuotantojärjestelmään. James P. Womack, Daniel T. Jones ja Daniel Roos kuvaavat kirjassaan *Machine that Changed the World*, mitä lean-tuotanto tarkoittaa (3). Lean-ajattelun perustana on asiakkaalle tuotettu arvo. Ajattelun mukaisesti määritetään tarkasti asiakkaalle arvoa tuottavat ja tuottamattomat toiminnot, minkä jälkeen eliminoidaan tuottamattomat toiminnot eli hukat. Hukkien poistaminen on yksi keskeinen periaate lean-ajattelussa. (5.)

2.1.1 Seitsemän hukkaa -periaate (Muda)

Lean-ajattelun yksi tärkeimmistä kulmakivistä on hukkien poistaminen. Ajattelu on peräisin Japanista, josta myös sana Muda eli hukka juontaa juurensa. Hukaksi voidaan laskea kaikki toiminta, joka kuluttaa tuotannon resursseja, mutta ei tuota arvoa tuotteelle ja sitä kautta asiakkaalle. Hukkien systemaattinen poistaminen parantaa sekä työn tuottavuutta että laatua. Tuotannon hukat jaetaan seitsemään luokkaan, jotka on esitetty kuvassa 1. (6.)



KUVA 1. Seitsemän hukkaa (7)

Ylituotannossa valmistetaan tuotteita liikaa, liian aikaisin tai vain varmuuden varalle. Tarkoituksena on tehdä tai palvella juuri sitä, mitä halutaan, ei yhtään enempää tai vähempää, juuri oikeaan aikaan ja täydellisellä laadulla. Ylituotanto on kaikista vakavin hukka, sillä se on syy moniin ongelmiin ja muihin hukkiin. (7.)

Varastot voivat olla esteitä laadulle ja tuottavuudelle. Varastot kasvattavat läpimenoaikaa, estävät ongelmien tunnistamista ja haittaavat kommunikaatiota. Varastot ovat hukkaa, mutta ideaalitulannetta, jossa varastoa ei olisi ollenkaan, ei voida saavuttaa koskaan. **Tarpeettomista varastoista** aiheutuu kustannuksia, sillä niihin on sitoutuneena paljon rahaa. (7.)

Toiseksi tärkein hukka on **odotus**. Kaikki aika, jolloin tuote ei liiku tai siihen ei kohdistu työtä, joka lisäisi sen arvoa, on hukkaa. Odottaminen aiheuttaa ongelmia sulavaan virtaukseen. Tavoitteena voidaan pitää tuotantoa, jossa turha odottelu on minimoitu. (7.)

Tuotteiden **tarpeeton kuljettaminen** tehdasalueella ei tuota tuotteelle lisäarvoa ja siksi se on hukkaa. Kuljettamisesta on mahdotonta päästä täysin eroon, mutta sitä tulisi kuitenkin pyrkiä vähentämään jatkuvasti. Materiaalin liikuttelujen ja kuljettamisen määrä on suoraan verrattavissa vahinkoihin ja vaurioitumisiin. (7.)

Ylikäsittely tai virheellinen käsittely tarkoittaa, että tuote valmistetaan käyttämällä tarpeettoman suuria, tehokkaita tai kalliita laitteita eikä huomioida, että samaan lopputulokseen voitaisiin päästä tehokkaammalla ratkaisulla. Ideaalitulanteessa käytettäisiin pienintä mahdollista konetta, joka pystyisi tuottamaan halutun laadun käytettäessä konetta oikealla käyttöpaikalla. (7.)

Viat aiheuttavat kustannuksia välittömästi ja myös pitkällä tähtäimellä. Laatua tarkastellessa kustannukset voidaan jakaa sisäisiin ja ulkoisiin vikoihin. Sisäisiä vikoja ovat esimerkiksi toimimattomat tuotteet, niiden uudelleen valmistus ja aiheutuneet viivästykset. Ulkoisia vikoja taas ovat esimerkiksi tuotteeseen kuuluva takuu, korjaukset, kenttähuolto ja mahdollinen asiakkaan menetys. (7.)

Viimeisenä ovat **turhat liikkeet**. Huonosti suunnitellussa työpisteessä työntekijä voi joutua kurkottelemaan, nostelemaan tai hakemaan hyllystä osia voidakseen valmistaa tuotteen. Turhat liikkeet voivat olla hyvinkin pieniä, mutta työvuoron aikana ne toistuvat useita kertoja ja voivat tällöin ovat huomattava hukka. (7.)

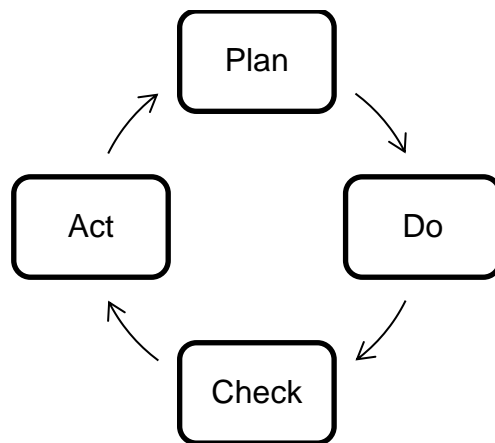
2.1.2 Jatkuva parantaminen ja PDCA-sykli

Yrityksen toiminnan jatkuvaan kehitykseen perustuvaa toimintamallia kutsutaan jatkuvaksi parantamiseksi. Jatkuvaan pienin askelin tapahtuvaan kehitykseen tulisi osallistua koko henkilökunnan. Henkilökunnan osallistumista pyritään edistämään jatkuvan parantamisen toimintamallilla, jolloin yrityksen henkilöstö pyrkii kehittämään omia tehtäviään ja toimintojaan. Yrityksen toimintojen ja tehtävien kehittämisessä pyritään jatkuvasti kohti täydellisyyttä. Tilastollisen laadunvalvonnan menetelmiä voidaan käyttää kehitystoiminnan tukena. Japanin kielen sana "kaizen" tarkoittaa kehitystä, jolla yleensä viitataan jatkuvaan parantamiseen. Suuret lopputulokset ovat saavutettavissa pienillä ja jatkuvilla kehitysaskeleilla. Yksi kehitysaloite ei tuo suurta muutosta, mutta jos aloitteita on tuhansia, yhteenlaskettu vaikutus voi olla valtava. (4, s. 380–381.)

Jatkuvan parantamiseen eivät kuulu radikaalit muutokset ja toimintojen laajamittaiset kehityshankkeet. Havaintojen perusteella voidaan sanoa, että muutosten vakiinnuttaminen ja tehokas hyödyntäminen onnistuvat paremmin jatkuvan parantamisen avulla. Jatkuvan parantamisen toimintamallilla kehitetään henkilöstön osallistumista, jolloin voidaan vähentää muutosvastarintaa ja saada aikaan myönteisempää suhtautumista laajoihin muutoksiin. (4, s. 381.)

PDCA-sykli

Jatkuvan parantamisen edistämiseksi käytetään erilaisia aloite- ja kehitystoimintaa edesauttavia menetelmiä. Perinteinen jatkuvaa parantamisen työkalu on PDCA-sykli (kuva 2). Työkalun avulla pyritään järjestelmälliseen kehitystoimintaan yrityksen toiminnan varmistamiseksi ja toiminnan jatkuvuuden takaamiseksi. PDCA lyhenne tulee sanoista Plan, Do, Check ja Action eli suomeksi suunnittele, toteuta, tarkasta ja kehitä. (4, s. 381.)



KUVA 2 PDCA-sykli (4, s. 382)

Ennen Plan-vaiheen aloittamista täytyy varmistua kehityksen kohteen toiminnan olevan standardoitua, vakiintunutta ja dokumentoitua. Ongelmat analysoidaan ja toiminnan kehittämiseksi laaditaan suunnitelma. Do-vaiheessa toteutetaan aiemmin suunnitellut kehitystoimenpiteet ja dokumentoidaan tehdyt muutokset. Check-vaiheessa tarkistetaan uudistetut toimintamallit ja pohditaan tavoitteiden saavuttamisen onnistumista. Act-vaiheessa, kun asetetut tavoitteet on saavutettu, voidaan standardisoida, vakiinnuttaa ja dokumentoida toimintamallit. Saavutetuista tuloksia jaetaan tietoa muille toiminnoille, jotka voivat hyötyä vastaavista kehitystoimenpiteistä. Jos tavoitteita ei saavuteta, palataan analysoimaan tilannetta ja aloitetaan koko kehityssykli alusta. (4, s. 382.)

2.1.3 Imuohjaus

Imuohjauksen taustalla on ajatus varastojen kustannuksista ja niiden kyvystä piilottaa prosessin ongelmia. Ideaalitilanteessa tuotteita voitaisiin valmistaa nopeasti alusta loppuun asti yhden kappaleen erissä juuri asiakkaiden tarpeiden mukaisesti. Todellisuudessa kyseinen tuotantotapa ei ole realistinen, jolloin toiseksi paras vaihtoehto on imuohjaus. Lean-ajattelun mukaan imuohjauksella tarkoitetaan tuotannonohjausmenetelmää, jonka toiminta perustuu asiakastarpeiden luomaan tahtiin. Imuohjauksessa varastojen ja keskeneräisen tuotannon määrää on rajoitettu. Tuotteita ja puolivalmisteita valmistetaan ainoastaan tarpeeseen. Tarpeen syntyessä aletaan tuotteita siirtämään seuraavaan vaiheeseen eli kohti asiakasta. Imuohjauksessa seuraava vaihe ohjaa aina edellistä vaihetta. (8.)

Imuohjauksen toteutuksessa käytetään käytännössä usein esimerkiksi Kanban-ohjauskortteja. Yksittäinen Kanban-kortti antaa luvan tietyn tuotteen tai osan valmistamiseen tai siirtämiseen kortissa määritellyn määrän mukaisesti. Ilman korttia ei ole lupaa valmistaa. Korttien määrällä määritetään keskeneräisen tuotannon ja varastomäärien yläraja. Kortteja poistamalla keskeneräinen tuotanto vähenee ja kortteja lisäämällä keskeneräinen tuotanto kasvaa. Muita imuohjauksen toteutustapoja ovat esimerkiksi kaksilaatikko järjestelmä, jossa on käytössä kaksi laatikkoa. Osia kulutetaan ensin yhdestä laatikosta, minkä jälkeen tyhjä laatikko antaa merkin täydennystarpeesta, esimerkiksi erilaisia visuaalisia signaaleja, kuten tyhjät hyllypaikat tai merkityt alueet lattiassa. Tällä tavoin voidaan aina varmistaa valmistamiseen tarvittavien tuotteiden riittävyys. (8.)

Helpointa imuohjauksen toteutus on materiaalivirroissa, joissa tarve on tasaista ja täydennykset ovat nopeita. Imuohjaus on haasteellisempaa tilanteissa, joissa esimerkiksi kysyntä vaihtelee voimakkaasti ja täydennysajat ovat pitkiä ja vaihtelevia. (8.)

2.1.4 5S

5S on japanilainen viisiosainen työympäristön kehitysmenetelmä, jonka on kehittänyt Hiroyuki Hirano. 5S on kehitystyökalu, jota käytetään toimivamman työpisteen kehittämiseksi. Usein menetelmä ymmärretään väärin ja sitä luullaan siivoustyökaluksi tai yksittäiseksi parannusohjelmaksi. Se on toimintamalli päivittäiseen työskentelyyn, mikä helpottaa työympäristön järjestyksen ylläpitämistä. (9.)

Keskeisintä 5S:ssä on poistaa virtausta estävät ylimääräiset laitteet, koneet, materiaalit ja työkalut. Työpisteeltä poistetaan kaikki ne asiat, mitä ei tarvita työn suorittamiseen. Jäljelle jääneet asiat, materiaalit ja koneet järjestellään ja työpisteet puhdistetaan. Toimintapa standardisoidaan ja sitä sitoudutaan noudattamaan yhdessä. 5S:n tarkoituksena on lyhentää läpimenoaikaa ja saada virtaus sujuvammaksi ja nopeammaksi. (9). 5S jakautuu viiteen eri vaiheeseen, mitkä ovat: Sort (Seiri), Set in Order (Seiton), Shine (Seiso), Standardise (Seiketsu), Sustain (Shitsuke). Ensimmäiset kolme vaihetta kuuluvat päivittäisiin toimintoihin. (7, s. 137).

Sort-vaiheen ensimmäinen askel on tehdä päätös, miten tavarat ja asiat lajitellaan. Työkalujen erottelun apuna voidaan käyttää Red Taggingiä, jolloin tavarat merkitään punaisilla lapuilla. Red Tagging on helppo tapa erottaa tarpeelliset ja tarpeettomat tavarat.

Tavarat voidaan lajitella esimerkiksi

- tavaroihin, joita tarvitaan joka päivä
- tavaroihin, joita tarvitaan kerran viikossa
- tavaroihin, jotka ovat tärkeitä terveyden ja turvallisuuden kannalta. (7.)

Set in Order eli järjestäminen keskittyy työpisteeseen jäljelle jääneiden tavaroiden ja työkalujen asettamiseen parhaille mahdollisille paikoille. Tavaraille ja materiaalille väri koodataan omat paikat, jolloin ne niitä helppo siirrellä. Tavarat pyritään järjestämään siten, että ne ovat helposti saatavissa ilman kurottelua. Hyvällä työpisteen järjestämisellä pysytään vähentämään myös syntyvää kuljetus- ja liikehukkaa. Lisäksi työkalujen ja materiaalien säilytyspaikkojen merkitsemisellä standardisoidaan niille omat paikat, jolloin työpisteen siisteys ja työturvallisuus paranevat. (7.)

Shine eli puhdistaminen tarkoittaa, että työpisteellä siivotaan kaikki laitteet, työkalut ja luodaan siivousrutiini. Siivousrutiini voi olla viikoittainen kierros, minkä tarkoituksena on tarkastaa kaikki paikat ja korjata havaitut puutteet sekä samalla hoitaa siistiminen. Tällä rutiinilla pystytään takaamaan työpisteen pysyminen siistinä ja turvallisena. (7.)

Standardise eli standardointi liittyy kolmeen ensimmäiseen pilariin, mutta vahvimmin se liittyy puhdistamiseen ja järjestyksen ylläpitoon. Työpisteelle luodaan siisteystaso, jolla se pysyy järjestyksessä ja työkalut oikeilla paikoilla. Tavoitteena on tehdä visuaalinen ja selkeä standardi eri tiloista. Työpisteelle tehdään visuaalisia ohjeita helpottamaan työntekijöitä ymmärtämään, missä kaiken pitäisi olla ja käytetään värejä rajaamaan työpisteitä sekä infotauluja jakamaan tärkeitä tietoja työntekijöille. (7.)

Sustain eli ylläpitovaiheessa seurataan ja varmistetaan, että sovittuja toimintaohjeita noudatetaan ja on noudatettu. Ylläpidon tavoitteena on luoda toimintatavoista osa päivittäisiä rutiineja. Seuranta on hankalin ja arvokkain osa 5S-menetelmää. Ilman organisointia ja seurantaa 5S-menetelmä ei toimi täydellisesti. (7.)

2.2 Layout-suunnittelu

Layout on yleisesti käytetty termi, kun kuvataan tuotantotilojen laitteiden, kulkureittien ja varastojen suunnittelua. Layoutit voidaan jaotella kolmeen pääryhmään niiden eri ominaisuuksien mukaan. Pääryhmät ovat tuotantolinjalayout, funktionaalinen layout ja solulayout. (4, s. 475.)

Layout-suunnittelu on vaativa prosessi, sillä siinä tulee ottaa huomioon suuri määrä erilaisia tekijöitä. Tuotantojärjestelmän layout on yleensä aina kompromissi, sillä täydellistä ratkaisua on lähes mahdotonta saavuttaa. Keskeisenä tavoitteena layout-suunnittelussa on tehokkaiden materiaalivirtojen suunnittelu, minkä avulla voidaan pyrkiä minimoimaan materiaalin turha liikuttelu. Yksinkertaisimmillaan materiaali siis virtaisi hallin toisesta päästä toiseen ilman edestakaista liikettä. (4, s. 480–482.)

Tuotannon hyvä layout on seuraavanlainen:

- materiaalivirta on selkeä ja tuotteiden turha liikuttelu on minimoitu, jolloin suoran tai U:n muotoinen päämateriaalivirta on tehokas
- tuotteiden kuljetusmatkat ovat lyhyitä
- erityisosaamista vaativa valmistus on keskitetty samaan paikkaan
- tuotantotila on tehokkaasti hyödynnetty
- turvallinen työntekijöille ja mahdollisille vierailijoille. (10; 4, s. 482)

Muutostarpeiden huomioon ottaminen on tärkeää suunniteltaessa layoutia. Tuotantomäärien ja tuotetyyppien muuttuessa layoutia on oltava mahdollista muuttaa joustavasti. Erityisesti mahdolliset muutostarpeet tulee ottaa huomioon vaikeasti liikuteltavien laitteiden ja koneiden sijoittelussa. Esimerkiksi suuret ja raskaat koneet sekä kiinteät varastorakennelmat tulee sijoittaa siten, etteivät ne rajoita layoutin myöhempää kehittämistä. (4, s. 482.)

2.2.1 Tuotantolinjalayout

Tuotantolinjassa koneet ja laitteet ovat järjestetty tuotteen valmistuksen mukaiseen järjestykseen, jolloin tuotteen käsittely ja valmistus hoidetaan mahdollisimman tehokkaasti.

Työnkulku on järjestetty selkeäksi ja työvaiheiden välillä voidaan käyttää erilaisia mekaanisia kuljettimia. Tuotantolinja on erikoistunut tietyn tuotteen valmistamiseen. Tuotantolinjan rakentamisen kannalta keskeisiä edellytyksiä ovat suuri tuotantomäärä ja korkea käyttöaste. (4, s. 475.)

Pienetkin häiriöt vaikuttavat nopeasti tuotantolinjan tuottavuuteen, sillä linja on herkkä häiriöille. Sen vuoksi linjan laadunvalvonta on erittäin tärkeää. Korkean tuottavuuden ansiosta linjasto voi kyetä tuottamaan paljon virheellisiä tuotteita, mistä johtuen häiriön aiheuttamat kustannukset voivat kasvaa suuriksi. (4, s. 475.)

Kapasiteetin kasvattaminen on vaikeaa tuotantolinjan toteutuksen jälkeen. Tuotantoerät ovat usein pitkiä, ja siksi tuotteen vaihtaminen toiseen tarvitsee pitkän asetusajan. Selkeä työkulku tekee linjan tuotannonohjauksesta helppoa, mikä tarkoittaa, että tuotantolinjaa ohjataan käytännössä yhtenä kokonaisuutena. (4, s. 475.)

2.2.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisessa layoutissa koneet ja työpaikat on organisoitu työtehtävän samankaltaisuuden perusteella. Nimi perustuu koneiden tuotantoteknologian mukaiseen ryhmitteilyyn. Esimerkiksi kaikki hitsauspaikat ovat hitsaamossa. Funktionaalisesta layoutista käytetään myös nimitystä teknologinen layout. (4, s. 476.)

Funktionaalisen layoutin laitteet ja koneet ovat tavallisesti monipuolisia yleiskoneita, jotka mahdollistavat tuotantomäärien ja tuotetyyppien vaihtelun. Tuotteita valmistetaan yksittäiskappaleina tai sarjoina. Materiaalinkäsittelyyn voidaan soveltaa automaatiota erittäin rajoitetusti toisistaan poikkeavien työnkulkujen takia. Tuotannonohjaus pohjautuu eri koneille jonottavien töiden järjestelyyn. Töiden ohjaaminen työvaiheesta toiseen on hankalaa, kun pyritään oikea-aikaisuuteen. Jonottavat työt kasvattavat keskeneräisen tuotannon määrää ja pidentävät tuotannon läpäisyaikaa. Työpisteiden suuret välimatkat kasvattavat materiaalien kuljetus- ja käsittelykustannuksia. Suuret välimatkat työpisteiden ja välivarastojen välillä vaikeuttavat myös funktionaalisen layoutin laadunhallintaa. (4, s. 476.)

Tuotantolinjaan verrattuna funktionaalisen layoutin toteutus on vaivatonta ja edullista. Eri-laisten tuotteiden valmistaminen on joustavaa samoin kuin kapasiteetin kasvattaminen. Tuotantolinjaan verrattuna funktionaalisen layoutin tuottavuus on heikompi ja kuormitusasteet jäävät keskimäärin alhaiseksi. (4, s. 476.)

2.2.3 Solulayout

Solulayout muodostaa itsenäisen, eri laitteista ja työpisteistä kootun ryhmän, joka on erikoistunut tiettyjen työvaiheiden suorittamiseen ja osien valmistamiseen. Solulayout on välimuoto tuotantolinjasta ja funktionaalisesta layoutista. (4, s. 477.)

Verrattuna funktionaalisen layoutiin, ovat solujen läpäisyajat huomattavasti lyhemmät solulayoutissa. Materiaalivirrassa ei ole välivarastoja vaan se on selkeä. Solussa pystytään valmistamaan joustavasti niitä tuotteita, mihin kyseinen solu on suunniteltu. Siirryttäessä tuotteesta toiseen ovat asetusajat lyhyet. Solulayoutin etuina tuotantolinjaan nähden onkin sen joustavuus. Solulayout on oman tuoteperheensä puitteissa tehokkaampi kuin funktionaalinen järjestelmä. Tuotantomäärät ja eräkoot voivat vaihdella tuotekohtaisesti paljonkin. Solussa tuotteita valmistetaan pieninä sarjoina tai yksittäiskappaleina. Solussa on vain yksi kuormituspiste, mikä tekeekin tuotannonohjauksesta helppoa. (4, s. 477–478.)

Laadunvalvontaa helpottaa, kun eri valmistusvaiheet suoritetaan peräkkäin samalla alueella. Virheiden löytäminen ja korjaaminen on myös helppoa. Kuormitusasteet solun eri koneilla ja laitteilla voivat vaihdella paljon ja ne ovat keskimäärin alhaisemmat kuin tuotantolinjalla. Funktionaalisen layoutiin verrattuna solulayout on herkempi kuormituksen vaihteluille ja tuotevalikoiman voimakkaille muutoksille. (4, s. 478.)

Soluvalmistusta on perusteltu työntekijöiden motivaation ja tuottavuuden kasvulla. Solussa työskentelevä ryhmä vastaa tehtäviensä suunnittelusta ja suorittamisesta itsenäisesti. Työntekijät pystyvät itse vaikuttamaan työnjakoon ja työtehtävien kierrättämiseen. (4, s. 478.)

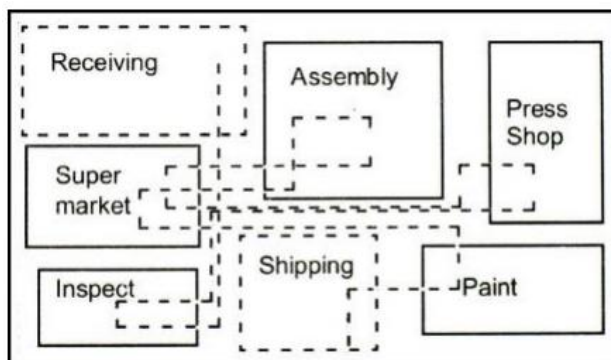
2.2.4 Layoutin valinta

Layout-tyyppi valitaan tuotevalikoiman ja tuotantomäärän perusteella. Valmistettaessa suuria määriä samanlaisia tuotteita, sovelletaan tuotantolinjalayoutia. Valmistettavien tuotetyyppien määrän ollessa suuri ja tuotantomäärien ollessa pieniä on paras vaihtoehto funktionaalinen layout. Kun valmistetaan toistuvasti eri tuotteita, eikä jokaiselle tuotteelle kannata tehdä omaa tuotantolinjaa, käytetään solulayoutia. Soluissa voidaan valmistaa erityyppisiä tuotteita joustavammin kuin tuotantolinjalayoutissa. (4, s. 479.)

Tehtaan layout koostuu erityyppisistä osalayouteista ja tuotantoprosessin vaiheet voivat vaihdella layoutin mukaan. Esimerkiksi osat voidaan valmistaa solulayoutissa ja tuotteet kokoonpanna tuotantolinjassa. Funktionaalisesti järjestetyssä konepajassa voidaan osa valmistuksesta organisoida soluiksi. Valmistuksen joustavuus on lisääntynyt modernin tuotantoautomaation myötä. Asetusajat ovat lyhyet vaihdettaessa tuotteesta toiseen, jolloin samassa tuotantoprosessissa voidaan valmistaa eri tyyppisiä tuotteita joustavasti. Yhdistelemällä riittävä määrä eri tuotteita samaan valmistusprosessiin voidaan tavoittaa riittävä tuotantomäärä solun tai tuotantolinjan muodostamiselle. (4, s. 479.)

2.3 Spagettikaavio

Spagettikaaviolla on tarkoitus havainnollistaa tuotteen, työntekijän tai materiaalin liikku- mista tehtaalla tai ylipäättään toimintaympäristössä (kuva 3). Spagettikaavio havainnollis- taa konkreettisesti ylimääräisiä liikkeitä tuotantovirrassa, jos tiedetään ideaalitilanne ha- lutussa toiminnassa. (11, s. 77.) Spagettikaavioita on käytetty tässä työssä eri layout- mallien materiaalivirtauksien kuvaamisessa.



KUVA 3. Spagettikaavio (11, s. 77)

3 UUSIEN LAYOUT-MALLIEN SUUNNITTELU

3.1 Nykytilan kuvaus

Tehtaaseen tutustuminen aloitettiin nykytilanteen kartoituksella. Tarkoituksena oli oppia ymmärtämään tuotannon vaiheet, jotta saataisiin luotua kokonaiskuva tämän hetkisestä layoutista (kuva 4). Nykytilan kartoittamisen tavoitteena oli myös löytää nykyisen layoutin ongelmakohtia ja ottaa ne huomioon uusien layoutien suunnittelussa.



KUVA 4. Tehtaan layout: 1. konttoritila (1 & 2 krs.), 2. huoltoalue, 3. varasto (1.krs) ja konttori (2.krs), 4. tuotteiden esittely- ja testausalue, 5. kompressori ja muuntaja, 6. maa-laustila, 7. ei-kenenkään-alue, 8. tulityötila, 9. tuotekehitystila, 10. materiaalivarasto, 11. automaattivarasto, 12. tavarantoimitus- ja lähettämöalue, 13. mittaus- ja tarkastus-alue, 14. osakokoonpanoalue, 15. kokoonpanoalue, vihreät alueet ovat varastohyllyjä

Tuotantotila on suorakaiteen muotoinen ja pinta-alaa on 2 337 m² (kuva 4). Hallin katossa on kolme nosturia, joista isoimman nostoteho on 6 300 kg ja kahden pienemmän 1 000 kg. Kaksi kokoonpanoaluetta rajoittavat layout suunnittelua, koska ne täytyy sijoittaa isoimman hallinosturin alle. Kompressorin ja muuntajan sijainti on säilytettävä entisellä paikallaan, jotta vältetään suuremmilta muutostöiltä.

Tuotantotilassa on kuusi pääkokoonpanoaluetta, joissa tuotteen kokoonpano suoritetaan alusta loppuun (kuva 4). Usein kokoonpanoalueella suoritetaan usean koneen kokoonpanoa yhtä aikaa. Kokoonpanijoilla on vakioidut omat työkaluvaunut, jotka pitävät sisällään kaikki koneiden kokoonpanoissa tarvittavat työkalut. Kokoonpanoon erikseen suunniteltuja erikoistyökaluja säilytetään kokoonpanonsolun läheisyydessä sijaitsevalla työkaluseinällä.

Sähköosakokoonpanoa suoritetaan sekä erillisellä osakokoonpanoalueella että kokoonpanopisteellä pääkokoonpanoalueiden sisällä. Pääasiassa osakokoonpanoalueella tehdään osakokoonpanoja laipoitus- ja katkaisukoneille. Osakokoonpanoalueella valmistettu osakokoonpano käydään sen jälkeen asentamassa paikoilleen pääkokoonpanoalueella. Muiden pääkokoonpanoalueiden sähköosakokoonpano tehdään kokoonpanoalueen sisällä alusta loppuun. Tarvittaessa osakokoonpanoalueella voidaan tehdä myös muidenkin pääkokoonpanoalueiden osakokoonpanoja.

Kokoonpanossa käytettävät osat keräillään keräilijöiden toimesta valmiiksi osavaunuihin ja toimitetaan kokoonpanopisteelle. Keräily pyritään suorittamaan hyvissä ajoin ennen kokoonpanon aloittamista. Keräily suoritetaan kaikille paitsi käsikoneiden- ja kärkien kokoonpanoalueelle. Kerätylle materiaalille on merkitty sinisellä oma alue kokoonpanoalueen yhteyteen (kuva 5). Kokoonpanossa käytetään paljon vakio-osia, kuten ruuveja ja muttereita, joiden on oltava aina helposti ja nopeasti saatavilla ja siksi niitä säilytetään kokoonpanopisteellä hyllyissä.



KUVA 5. Tehtaan materiaalivirrat

Tehtaaseen saapuva materiaali tulee konttoritilan viereisestä ovesta sisään tavarantoimitus- ja lähettämöalueille. Saapuva materiaali tarkastetaan, jotta voidaan vahvistaa materiaalin vastaavuus rahtikirjaan. Tarkempaa tarkastusta vaativat osat toimitetaan mittaus- ja tarkastusalueelle. Tarkastuksien ja mittauksien jälkeen materiaali siirretään päämateriaalivarastoon ja muihin varastohyllyihin ympäri tuotantotiloja (kuvan 5 vihreät alueet). Siniset alueet ovat kokoonpanoalueen yhteyteen merkittyjä kokoonpanopisteille menevien osien varastopaikkoja, joissa varastoidaan esimerkiksi isoja koneen rungon osia (kuva 5). Siniset viivat kuvaavat materiaalikulkua kokoonpanopisteiltä kohti tavarantoimitus- ja lähettämöalueita. Punaiset viivat kuvaavat saapuvan tavarantoimituksen liikettä tehtaan varastopaikoille ja hyllyille. Mustat viivat kuvaavat alueiden välisiä materiaalivirtoja (kuva 5).

Nykyisen layoutin haasteita ovat materiaalivirtojen epämääräisyys, vastaanotto- ja lähettämöalueiden sekä kokoonpanosolujen tilanpuute (kuva 5). Materiaalivirtojen epämääräisyydellä tarkoitetaan sitä, kun materiaalia kulkee eri suuntiin ilman selkeää reittiä. Vastaanotto- ja lähettämöalueilla tilanpuute aiheuttaa tarpeetonta materiaalin siirtelyä, sillä jokaiselle tavaralle ei ole sovittua odotuspaikkaa ennen viimeistä sijoituspaikkaa varastossa. Kokoonpanosolussa valmistettavien koneiden kokoonpanoajat ovat pitkiä ja vievät sen vuoksi paljon tilaa solusta. Siksi onkin syytä pyrkiä kasvattamaan kokoonpanoalueen kokoa, mikä mahdollistaisi useamman koneen kokoonpanon samanaikaisesti. Tällä muutoksella voidaan kehittää tehtaan kapasiteettia ja lyhentää tuotteiden toimitusaikoja.

3.2 Uusien layout-mallien suunnittelu PDCA-mallin mukaisesti

3.2.1 Suunnitelman tavoitteet ja rajoittavat tekijät (Plan)

Tuotannon layoutille määriteltiin tavoitteita ja ominaisuuksia, joiden perusteella niitä alettiin suunnittelemaan. Uusilta layouteilta haluttuja ominaisuuksia olivat tuotantopinta-alan kasvattaminen, materiaalivarastoinnin kehittäminen, materiaalivirtojen selkeyttäminen, konttoritilan kasvattaminen ja työturvallisuuden parantaminen. Suunnitelmissa keskityttiin tuotannon eri alueiden sijainteihin, eikä niinkään alueen sisällön suunnitteluun. Suunnitelma piti sisällään kolme erilaista vaihtoehtoa, jotka olivat nykyisen tuotantotilan uudelleen järjestäminen, laajennetut tuotantotilat, kokoonpanotehtaan ja koneistamon yhdistäminen.

Nykytilanteessa kokoonpanoalueiden pinta-ala on ajoittain ylikuormitettuna, mikä tekee tuotantosolussa työskentelystä ahdasta ja hankalaa. Tuotannon kasvaessa on löydettävä keinoja kasvattaa solujen kokoa. Tuotteita kokoonpannaan tuotantosoluissa, joissa valmistusprosessi suoritetaan alusta loppuun. Tuotantokapasiteetin kasvattamiseksi on löydettävä keinoja mahdollistaa usean koneen yhtäaikainen kokoonpano. Pinta-alan kasvatamisella pystytään nostamaan tuotantokapasiteettia, mikä auttaa lyhentämään toimitusaikoja.

Materiaalivarastoinnin kehittämällä pyritään luomaan tilaa tuotannon käyttöön ja vähentämään tarpeettomia varastoja, tarpeetonta kuljettamista ja kokoonpanijoiden turhia liikkeitä. Kehitystyöllä pyritään parantamaan osien keräilyä ja varastointia. Raskaat osat siirrettäisiin imuhyllyihin ja muut isot osat, kuten rungot, 5S:n mukaisille varastointilattiapaikoille. Näillä toiminnoilla voidaan vähentää työntekijöiden ja materiaalien turhaa liikettä.

Tällä hetkellä käytössä oleva konttoritila on käymässä vähiin ja tulevaisuutta ajatellen olisi tärkeää löytää ratkaisu konttoritilan tarpeeseen. Lisää konttoritilaa voitaisiin luoda rakentamalla laajennus nykyisten suunnittelukonttorien yhteyteen tai muuttaa tuotantopinta-alaa konttoritilaksi. Työturvallisuuden kehittämiseen liittyvät oleellisesti trukkiliikenne, kulukuväylät ja eri alueiden sijoittelu. Suunnittelua rajoittavia tekijöitä ovat hallinostureiden nostokyvyt sekä kompressorin ja muuntajan sijainnit. Nykyisessä layoutissa olevien kolmen kokoonpanoalueiden tulee sijaita isomman hallinosturin toiminta-alueella, sillä näillä alueilla valmistetaan raskaita koneita.

3.2.2 Toteutus (Do)

Suunnittelun toteutus alkoi lisätilan vapauttamisella tuotannon käyttöön. Aluksi konttoritilat poistettiin tuotantotiloista, materiaalivaraston pinta-alaa pienennettiin ja varastointikapasiteettia kasvatettiin automaattivaraston avulla. Sen jälkeen materiaalin varastointia keskitettiin, eurolavahyllyt ja tuotekehitystila sekä ei-kenenkään-alue poistettiin. Tämän jälkeen uudelleen järjesteltiin tuotantotilat huomioiden tilaajan haluamat ominaisuudet. Poistetun konttoritilan korvaajaksi suunniteltiin joko erillisen toimistorakennuksen rakentamista tai nykyisten suunnittelukonttoreiden laajentamista.

Kokoonpanopisteiden sijoittelussa huomioitiin materiaalivirrat ja pyrittiin järjestämään alueet siten, että materiaalin kulku olisi virtaviivaista ja voitaisiin välttää tavaran tarpeetonta siirtelyä. Materiaalivirtojen yksinkertaistamiseksi kokoonpanopisteisiin suunniteltiin imuhyllyjä (12), joihin sijoitetaan kokoonpanopisteellä käytettävät raskaat osat. Imuhyllyjen ansiosta keräilyssä keräilemättömät saataisiin kokoonpanopisteelle ja keräily toimisi lähes täydellisesti. Lisäksi kokoonpanoalueen vieressä ovat 5S:n mukaiset alueet, joissa säilytetään kokoonpanopisteellä käytettäviä isoja runkojen osia. Kokoonpanopisteiden sijoittelua rajoittava tekijä hallinosturi otettiin myös huomioon suunnittelussa.

Layout-suunnitelmat laadittiin seuraavasti:

- vapautettiin lisätilaa tuotannon käyttöön
- kehitettiin materiaalin varastointia
- tuotannon alueet uudelleen järjesteltiin.

3.2.3 Tarkastelu (Check) ja layout-mallit (Act)

Layout-suunnitelmissa onnistuttiin kasvattamaan tuotantopinta-alaa, kehittämään materiaalivarastoa, selkeyttämään materiaalivirtoja, kasvattamaan konttoritiloja ja parantamaan työturvallisuutta. Kolmen vaihtoehdon mukaisesti luotiin viisi layout-mallia. Kaksi layout-mallia on mahdollista toteuttaa ilman tehdas pinta-alan kasvattamista. Loput kolme vaihtoehtoa on mahdollista toteuttaa tuotantotilan laajennuksella. Layout-mallien lisäksi jokaisesta mallista tehtiin spagettikaavio, jolla kuvataan materiaalivirtoja layout-malleissa.

3.2.3.1 Layout-malli 1

Muutokset ensimmäisessä layout-mallissa aloitettiin lisätilan vapauttamisella poistamalla alueita. Huoltoalue sekä huolto- ja ostokonttorit poistettiin nykyiseltä paikaltaan. Vapautuneeseen tilaan järjesteltiin uudelleen testaus- ja esittelyalue. Uusi alue vie vähemmän tilaa kuin huoltoalue ja konttorit, minkä vuoksi vapautuneesta tilasta saadaan lisää tilaa katkaisukoneiden ja laipoituskoneiden kokoonpanoalueille. Työturvallisuus parani, kun testaus- ja esittelyalueelta ei ole pääsyä tavarantoimitusalueelle, jossa on ajoittain paljon trukkiliiikennettä. Laipoituskoneiden kokoonpanoalueen vieressä sijainnut eurolavahyllykkö poistettiin ja varastoidut tavarat siirrettiin materiaalivarastoon ja muihin varastohyllyihin. Vapautuneeseen tilaan suunniteltiin lähettämöalue, johon valmiit koneet voidaan siirtää odottamaan kuljetusta. Valmiit koneet voidaan pakata myös lähettämöalueella. (kuva 6)



KUVA 6. Layout-malli 1: 1. tavarin vastaanottoalue, 2. Materiaalivarasto, 3.kokoonpano-alue, 4. lähettämöalue, 5. kompressorit ja muuntajat, 6. maalaustila, 7. tulityötila, 8. testaus- ja esittelytila, 9. mittaus- ja tarkastusalue, 10. huoltoalue, 16. osakokoonpanoalue

Tuotantohallin keskellä sijainnut ei-kenenkään-alue poistettiin ja sen paikalle sijoitettiin spinnerikoneiden kokoonpanoalue. Alueen tieltä siirrettiin taukotila ja eurolavahyllykkö. Taukotilan tieltä siirrettiin eurolavahyllykkö ja sähkö- ja pneumatiikkavarasto materiaali-varastoon. Spinnerikoneiden kokoonpanoalue ei tarvitse yhtä paljon tilaa kuin ei-kenenkään alue. Tämän ansiosta voitiin kasvattaa raskaiden kaulustuskoneiden kokoonpano- aluetta, jolla voidaan mahdollistaa useamman koneen sujuvampi kokoonpano.

Materiaalivaraston pinta-alaa kasvatettiin ja kehitettiin hankkimalla toinen automaattivarasto. Tavarantoimitusaluea pienennettiin, sillä lähettämöalue siirrettiin toiseen päähän hallia. Mittaus- ja tarkastusalue sekä tulityöalue säilytettiin ennallaan. Tuotekehitysalueen tilalle siirrettiin huoltoalue. Keveiden kaulustuskoneiden kokoonpanoaluetta kasvatettiin, sillä spinnerikoneiden kokoonpanoalueeseen siirtyessä muualle vapautui tilaa. Käsikoneiden- ja kärkienkokoonpanoalue säilytettiin ennallaan.

Materiaalivirtaus muutettiin kulkeväksi hallin läpi, minkä jälkeen tavarantoimitus ja lähettämö jaettiin kahteen osaan (liite 1). Tavarantoimitus jätettiin nykyiselle paikalleen ja lähtevälle tavaralle luotiin oma alue toiseen päähän hallia. Tälle alueelle voidaan siirtää lähtevät tuotteet sen jälkeen, kun ne on pakattu kokoonpanopisteellä. Tämän järjestely edesauttaa tuotantotilojen järjestyksen ylläpitoa ja kokoonpanopisteiden välinen pääkäytävä pysyy avoinna trukkilienteelle. Rekkaliikenteen mahdollistaminen takapihalle lähettämöalueen viereiselle ovelle vaatii pihan muutostöitä. Poistetuille konttoritiloille pohdittiin korvaavaksi vaihtoehtoksi nykyisten suunnittelukonttoreiden laajennusta tai erillistä toimistorakennusta. Erillisen toimistorakennuksen etuna olisi, että suunnittelijat saisivat työskennellä rauhassa.

3.2.3.2 Layout-malli 2

Muutokset toisessa layout-mallissa aloitettiin lisätilan hankkimisella (kuva 7). Lisätilan vapauttaminen tuotannon käyttöön aloitettiin poistamalla alueita. Huoltoalue, osto- ja huoltokonttorit muutettiin yhteiseksi konttoritilaksi, tällä tavoin saatiin luotua lisää konttoritilaa. Testaus- ja esittelyalueen ja konttorin väliseltä käytävältä poistettiin trukkiliente. Tämä taas parantaa työturvallisuutta, kun trukit ja ihmiset eivät käytä samaa reittiä. Alueiden uudelleenjärjestelyllä saatiin kasvatettua katkaisukoneiden kokoonpanoaluetta ja voidaan mahdollisesti kokoonpanna useampaa konetta yhtä aikaa. Laipoituskoneiden kokoonpanoalue on säilytetty entisellään. Laipoituskoneiden viereinen eurolavahyllykkö taas poistettiin, jotta materiaalivaraston kehittämisen myötä hyllyn tavarat mahtuisivat materiaalivarastoon.



KUVA 7. Layout-malli 2: 1. tavarin vastaanottoalue, 2. Materiaalivarasto, 3.kokoonpano-alue, 4. lähettämöalue, 5. kompressori ja muuntaja, 6. maalaustila, 7. tulityötila, 8. testaus- ja esittelytila, 9. mittaus- ja tarkastusalue, 10. huoltoalue, 12. konttoritila, 16. osakokoonpanoalue

Raskaiden kaulustuskoneiden kokoonpanoaluetta kasvatettiin ja ei-kenenkään-alueen tilalle siirrettiin spinnerikoneiden kokoonpanoalue, jota myös kasvatettiin. Sähkö- ja pneumatiikkavarasto, sähkökokoonpanoalue, eurolavahyllykkö ja taukotila säilytettiin samoilla paikoillaan. Materiaalivarastoa kehitettiin hankkimalla uusi automaattivarasto, jonka avulla varaston lattia pinta-alaa voitiin pienentää. Mittaus- ja tarkastusalue säilytettiin entisellään.

Tulityötilalle ei tehty muutoksia. Huoltotilat siirrettiin tuotekehityksen paikalle. Kevyiden kaulustuskoneiden kokoonpanoaluetta suurennettiin, minkä mahdollisti spinnerikoneiden kokoonpanoalueen siirtäminen. Käsikoneiden- ja kärkien kokoonpanoalue säilytettiin ennallaan. Päämateriaalivirta on edestakainen tavaran vastaanotosta tehtaan toiseen päähän ja takaisin (liite 2). Lähtevän ja saapuvan materiaalin käsittely tapahtuu samalla alueella, mikä aiheuttaa lähettämö- ja vastaanottoalueella turhia liikkeitä ja materiaalin tarpeetonta siirtoa. Näitä hukkia pyrittiin eliminoimaan materiaalivarastoinnin kehityksellä.

3.2.3.3 Layout-malli 3

Tuotantotiloihin suunniteltiin 1 000 m²:n laajennus (kuva 8). Aluksi hallin ulkopuolella kiinnitettiin huomiota rekkaliikenteeseen. Laajennuksen yhteydessä suunniteltiin muutostöitä piha-alueilla, jotta voidaan mahdollistaa rekkaliikenteen sujuvuus tuotantohallin ympärillä. Materiaalivirta suunniteltiin hallin toisesta päästä sisään ja toisesta ulos (liite 3).



KUVA 8. Layout-malli 3: 1. tavaran vastaanottoalue, 2. materiaalivarasto, 3.kokoonpano-alue, 4. lähettämöalue, 5. kompressori ja muuntaja, 6. maalaustila, 7. tulityötila, 8. testaus- ja esittelytila, 9. mittaus- ja tarkastusalue, 10. huoltoalue, 16. osakokoonpanoalue

Layout-malli suunniteltiin siten, että kokoonpano-, tulityö-, lähettämö-, testaus- ja esittelyalueet säilytettiin nykyisen tuotantotilan puolella. Laajennusosaan sijoitettiin erilaisia alueita ja tukitoimia.

Laajennusosaan sijoitettiin seuraavat alueet ja tuotannon tukitoimet:

- huoltoalue
- myynnin varasto
- mittaus- ja tarkastusalue
- sähkökokoonpanoalue
- tavarán vastaanottoalue
- materiaalivarasto ja kaksi automaattivarastoa.

Laajennusosaan suunniteltiin hankittavaksi myös hallinosturi, jonka toimintasäde yltää tavarán vastaanoton viereiseltä käytävältä huoltoalueelle saakka. Uuden hallinosturin nostokyky on 8 000 kg. Nosturille on olemassa kolme vaihtoehtoa. Ensimmäinen vaihtoehto on asentaa laajennusosaan uusi nosturi, joka toimisi tavarán vastaanotto-, huolto- ja sähkökokoonpanoalueiden yläpuolella. Toinen vaihtoehto on asentaa vanha nosturi ulottumaan testaus- ja esittely-, katkaisukonekokoonpano- ja laipoituskonekokoonpanoalueiden lisäksi tavarán vastaanotto-, huolto- ja sähkökokoonpanoalueille niin, että nykyisen tuotantotilan ja laajennusosan väliseen seinään tehtäisiin reikä, josta nosturi pääsee kulkemaan. Kolmas vaihtoehto olisi toiminta-alueeltaan vastaavanlainen kuin vaihtoehdossa kaksi, mutta erona olisi, että vanhan nosturin tilalle asennettaisiin uusi nosturi. Uuden nosturin nostokyky olisi 1 700 kg enemmän kuin vanhan nosturin.

Tuotantotiloista poistettiin huoltoalue, huolto- ja ostokonttorit, jolloin saatiin vapautettua lisätilaa tuotannon käyttöön. Vapautuneeseen tilaan järjesteltiin uudelleen testaus- ja esittelytilat, joissa tuotteita voidaan testata ja esitellä asiakkaille turvallisesti. Uudelleen järjestelyn ansiosta ylimääräinen tila voitiin käyttää kokoonpanoalueiden laajennukseen. Samalla katkaisu- ja kaulustuskoneiden kokoonpanoalueita pystyttiin kasvattamaan, jolloin voidaan tarvittaessa suorittaa useamman koneen kokoonpano yhtäaikaaisesti.

Kun tukitoiminnot siirrettiin laajennusosaan, vapautui lisätilaa raskaiden kaulustus- ja spinnerikoneiden kokoonpanoa varten. Kokoonpanoalueita kasvatettiin, mikä mahdollistaa useamman koneen yhtäaikaisen kokoonpanon. Tulityötila säilytettiin alkuperäisellä paikallaan. Tuotekehitysalueen poistamisella vapautettiin lisätilaa, jonka ansiosta voitiin kasvattaa kevyiden kaulustuskoneiden kokoonpanoaluetta. Käsikoneiden- ja kärkien kokoonpanoalue säilytettiin ennallaan.

Valmiiden koneiden siirtäminen lähettämöalueelle onnistuu hallinostureita käyttäen. Lähettämössä säilytetään siellä tarvittavia työkaluja ja tarvikkeita. Valmiit tuotteet voidaan siirtää lähettämöalueelle odottamaan kuljetusta. Tuotantomäärien kasvaessa voidaan tuotteiden pakkaaminen siirtää kokoonpanoalueilta lähettämöön koulutettujen pakkaajien tehtäväksi. Tämän muutoksen ansiosta kokoonpanijat voivat keskittyä omaan ydinosaamiseensa. Materiaalivaraston kapasiteetin kasvattamiseksi ja pinta-alan pienentämiseksi suunnitelmaan lisättiin toinen automaattivarasto. Materiaalin varastointi on keskitetty yhteen paikkaan ja keskellä hallia olevista korkeista varastohyllyistä on pyritty pääsemään eroon. Tämä järjestely helpottaa hallinostureilla tehtäviä nostoja, sillä enää ei tarvitsisi nostaa taakkaa korkealle tai ahtaasta paikasta.

Tuotantotiloista poistetut konttoritilat korvataan laajentamalla nykyisiä tuotantokonttoreita tai erillisellä toimistorakennuksella. Erillisestä toimistorakennuksesta olisi hyötyä suunnittelijoille, jotka saisivat rauhallisen työympäristön. Myynnin varaston vieressä on tyhjä alue, jota voitaisiin käyttää tarpeen vaatiessa esimerkiksi projekti- ja varakokoonpanoalueena.

3.2.3.4 Layout-malli 4

Tuotantotiloihin rakennetaan 2 000 m²:n laajennus (kuva 9). Tehtaan materiaalivirran muuttamiseen hallin läpi vaaditaan muutoksia myös hallin ulkopuolella. Piha-alueisiin on tehtävä muutoksia, jotta voidaan mahdollistaa rekkaliikenteen sujuvuus tehtaan ympäri. Materiaalivirta saadaan tällä tavoin ohjattua hallin toisesta päästä sisään ja toisesta ulos (liite 4).



KUVA 9. Layout-malli 4: 1. tavarin vastaanottoalue, 2. materiaalivarasto, 3. kokoonpano-alue, 4. lähettämöalue, 5. kompressorit ja muuntajat, 6. maalaustila, 7. tulityötila, 8. testaus- ja esittelytila, 9. mittaus- ja tarkastusalue, 10. huoltoalue, 11. tuotekehitystila, 12. konttoritila, 16. osakokoonpanoalue

Layout-mallissa muutettiin huoltoalue, huolto- ja ostokonttorit kokonaan konttoritilaksi. Testaus- ja esittelytila muutettiin tilan seinän suuntaiseksi ja sijoitettiin konttoritilan viereen. Alueiden välistä käytävää kavennettiin ja trukkiliikenne poistettiin, minkä ansiosta voitiin kasvattaa katkaisukoneiden kokoonpanoalueen pituutta, joka taas mahdollistaa usean pitkän koneen yhtäaikaisen kokoonpanon. Kaulustus- ja spinnerikoneiden kokoonpanoalueita suurennettiin, mikä mahdollistaa usean koneen yhtäaikaisen kokoonpanon.

Kokoonpanon jälkeen valmiit tuotteet voidaan siirtää niille erikseen varatulle lähettämöalueelle kuljetusta odottamaan. Lähettämöalue on tarkoitettu ainoastaan valmiille tuotteille ja lisäksi siellä on kaikki alueella tarvittavat työkalut ja tarvikkeet. Tuotantomäärien kasvaessa voidaan tuotteiden pakkaaminen siirtää kokoonpanoalueilta ja kokoonpanijoilta lähettämöön ja pakkaajille. Tällä tavoin kokoonpanijat ja pakkaajat saisivat keskittyä omaan ydinsäamiseensä. Lähettämöalueelle sijoitettaisiin myös pakkauksessa tarvittavat välineet. Tulityötila, tuotekehitystila, käsikone- ja kärkekokoonpanoalue säilytettiin ennallaan. Alueiden välillä olevaa tyhjää tilaa voidaan tarpeen mukaan käyttää alueiden kasvattamiseen.

Suunnitelmassa pyritään eroon korkeista varastohyllyistä, mikä helpottaisi hallinostureiden käyttöä. Lisäksi tehtaaseen suunniteltiin hankittavaksi uusi hallinosturi tai kehittää nykyisen toimintasädetä. Uuden hallinosturin nostokyky olisi 8 000 kg. Nosturille on olemassa kolme vaihtoehtoa. Ensimmäinen vaihtoehto on asentaa laajennusosaan uusi nosturi, joka toimisi tavaran vastaanotto-, laipoituskoneiden kokoonpanoalueiden yläpuolella. Toinen vaihtoehto on asentaa vanha nosturi ulottumaan testaus- ja esittely-, katkaisukoneiden kokoonpanoalueen lisäksi tavaran vastaanotto ja laipoituskonekokoonpanoalueella niin, että nykyisen tuotantotilan ja laajennusosan väliseen seinään tehtäisiin reikä, josta nosturi voisi kulkea. Kolmas vaihtoehto olisi toiminta alueeltaan samanlainen kuin vaihtoehto kaksi, mutta erona ainoastaan, että vanhan nosturin tilalle asennettaisiin uusi nosturi. Uuden nosturin nostokapasiteetti on 1 700 kg enemmän kuin vanhan nosturin.

Laajennusosaan suuren koon vuoksi oli mahdollista kasvattaa kaikkien alueen pinta-aloja. Alueiden kasvattamisen jälkeen layout-mallissa on runsaasti tyhjää tilaa, jota voidaan käyttää esimerkiksi projektikokoonpanoalueina.

Laajennusosaan sijoitetut alueet:

- materiaalivarasto
- kaksi automaattivarastoa
- huoltoalue
- sähkökokoonpanoalue
- myynnin varasto
- laipoituskoneiden kokoonpanoalue
- mittaus- ja tarkastusalue.

3.2.3.5 Layout-malli 5

Tuotantotiloihin rakennetaan 2 400 m²:n laajennus (kuva 10). Piha-alueisiin on tehtävä muutoksia, jotta voidaan mahdollistaa rekkaliikenteen sujuvuus tehtaan ympäri. Tämän ansiosta materiaalivirtaus voitiin suunnitella tehtaan läpi. Päämateriaalivirta kulkee laajennusosan tavaran vastaanotosta hallin toisessa päässä sijaitsevaan tavaran lähettämöön (liite 5).



KUVA 10. Layout-malli 5: 1. tavarin vastaanottoalue, 2. materiaalivarasto, 3.kokoonpanoalue, 4. lähettämöalue, 5. kompressori ja muuntaja, 6. maalaustila, 7. tulityötila, 8. testaus- ja esittelytila, 9. mittaus- ja tarkastusalue, 10. huoltoalue, 12. konttoritila, 13. hiontasolu, 14. jyrsinsolu, 15. sorvaussolu, 16. osakokoonpanoalue

Laajennusosaan sijoitetaan Isonkyrön koneistamon laitteet- ja koneet sekä eri alueita ja tuotannon tukitoimia nykyisestä tuotantotilasta. Koneistamon laitteet ovat äänekkäitä, minkä vuoksi laajennusosan ja kokoonpanotehtaan välisen seinän tulee olla äänieristetty.

Laajennusosaan sijoitetut alueet ja tuotannon tukitoimet:

- Isonkyrön koneistamon koneet, laitteet ja työstökeskukset
- laipoituskoneiden kokoonpanoalue
- materiaalivarasto
- kaksi automaattivarastoa
- mittaus- ja tarkastusalue
- tavarin vastaanottoalue
- myynnin varasto.

Kokoonpanotehtaan puolella säilytettiin kaikki kokoonpanoalueet, huoltoalue ja tulityötila. Tulityötila on riittävän kokoinen molempien tehtaiden käytettäväksi, jonka vuoksi ei nähty

tarpeelliseksi tehdä muutoksia. Kokoonpanotehtaan puolelta poistetaan korkeat varastohyllyt ja niissä olevat materiaalit siirretään laajennusosan materiaalivarastoon. Tuotteiden testaus- ja esittelyalue uudelleen järjesteltiin, mikä parantaa työturvallisuutta. Kokoonpanoalueita pystyttiin kasvattamaan reilusti, sillä tuotannon tukitoimet siirrettiin laajennusosaan ja tämän vuoksi vapautui paljon tilaa käytettäväksi. Materiaalivaraston kapasiteettia kasvatettiin lisäämällä automaattivarasto ja suurentamalla varaston pinta-alaa. Kapasiteetin kasvattamiselle oli tarvetta, sillä varastoon suunniteltiin yhdistettäväksi kahden tehtaan materiaalit ja komponentit.

Lisäksi tehtaaseen suunniteltiin hankittavaksi uusi hallinosturi tai kehittää nykyisen toimintasädetä. Uuden hallinosturin nostokyky olisi 8 000 kg. Nosturille on olemassa kolme vaihtoehtoa. Ensimmäinen vaihtoehto on asentaa laajennusosaan uusi nosturi, joka toimisi tavaran vastaanottoalueen ja hiontasolun yläpuolella. Toinen vaihtoehto on asentaa nykyinen nosturi ulottumaan testaus- ja esittely, katkaisukonekokoonpano-, ja laipoituskonekokoonpanoalueiden lisäksi tavaran vastaanottoalueelle saakka niin että nykyisen tuotantotilan ja laajennusosan väliseen seinään tehtäisiin reikä, josta nosturi voisi kulkea. Kolmas vaihtoehto olisi toiminta-alueeltaan samanlainen kuin vaihtoehto kaksi, mutta erona ainoastaan, että nykyisen nosturin tilalle asennettaisiin uusi nosturi. Uuden nosturin nostokapasiteetti on 1 700 kg enemmän kuin nykyisen nosturin.

Koneistamon alueet sijoitettiin funktionaalisen layout-tyypin mukaisesti. Koneistamon sijoittelua eivät rajoittaneet hallinosturit, sillä koneistamossa käytetään konekohtaisia pienempiä nostimia. Koneistamossa on jyrsimiä, sorveja ja hiontakoneita. Sorvaussolut ja jyrsinsolut asetettiin vastapäätä materiaalivarastoa. Hiontasolu asetettiin materiaalivaraston viereen. Koneistamossa materiaalin siirtomatkat ja siirrot pyrittiin minimoimaan järkevällä osastojen sijoittelulla. Koneistamon puolelta menee pääkäytävä koko tehtaan läpi lähettämöalueelle saakka. Tyhjät alueet solujen välissä on tarkoitettu kulkuväyliksi.

3.3 Kustannuslaskelmat ja layout-mallien vertailu

Kustannuslaskelmissa arvioitiin layout-muutoksiin kuluvia aikoja, joiden perusteella laskettiin muutostöistä aiheutuvia kustannukset. Layout-muutoksissa, kuten kokoonpano-

alueiden uudelleen järjestelyissä suunniteltiin käytettäväksi tuotannon työntekijöitä. Laajennusosien kustannusarviot perustuvat ulkoisen toimijan syksyllä 2017 tekemään kiinteistökartoitukseen, jossa selvitettiin tehdaskiinteistön nykykunto. Laskelmia varten otettiin tarjouspyynnöt hallinosturista ja automaattivarastosta. Suurin osa tehtävistä muutoksista seisauttavat tuotannon joko osittain tai kokonaan. Ainoastaan erillisen toimistorakennuksen ja laajennusosan rakentaminen eivät keskeytä tuotantoa. Eri layout-vaihtoehtoja vertaillaan ja niiden edut ja rajoitteet kuvataan alla (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Layout-mallien vertailu

Layout-mallit	Edut	Rajoitteet
Layout-malli 1	Edullinen Pienet muutostyöt Tuotannossa optimaalinen järjestys	Ei lisätilaa
Layout-malli 2	Edullinen Pienet muutostyöt	Ei lisätilaa Ei optimaaliset materiaalivirrat
Layout-malli 3	Riittävästi tuotantotilaa Tuotantotilaa jää reserviin Tuotannossa optimaalinen järjestys	Korkea hinta
Layout-malli 4	Riittävästi tuotantotilaa Tuotannossa optimaalinen järjestys	Korkea hinta Tuotantotilaa jää reserviin liikaa
Layout-malli 5	Kaikki toiminnot samassa tilassa	Korkea hinta Vaatii suuremmat tuotantomäärät

Ensimmäisessä layout-vaihtoehdossa tehdään tehtaaseen uudelleen järjestely, jonka suorittavat tuotannon työntekijät. Materiaalivarastoa kehitetään hankkimalla automaattivarasto. Tuotantotiloista puretaan pois huoltoalue ja huolto- ja ostokonttorit. Vähäisistä muutostöistä johtuen tämä vaihtoehto on halvin.

Toisessa layout-vaihtoehdossa tehdään tehtaaseen uudelleenjärjestely, jonka suorittavat tuotannon työntekijät. Materiaalivarastoa kehitetään hankkimalla automaattivarasto. Huoltoalue, huolto- ja ostokonttorit muutetaan kokonaan konttoritilaksi. Toisen layout-

vaihtoehdon kustannusarvio on lähes 1,3-kertainen ensimmäiseen vaihtoehtoon verrattuna.

Kolmannessa vaihtoehdossa tuotantopinta-alaa kasvatettiin 1 000 m²:llä. Tuotantotiloihin hankittiin hallinosturi ja automaattivarasto. Tehdas järjesteltiin uudelleen ja nykyinen automaattivarasto siirrettiin laajennusosaan. Tuotantotiloista purettiin huoltoalue, huolto- ja ostokonttorit. Kustannusarvio on 15-kertainen verrattuna ensimmäiseen vaihtoehtoon.

Neljännessä vaihtoehdossa tehtiin samat muutokset kuin kolmannessa vaihtoehdossa. Erona kolmanteen vaihtoehtoon oli, että huoltoalue, huolto- ja ostokonttorit muutettiin konttoritilaksi ja tuotantopinta-alaa kasvatettiin 2 000 m²:llä. Neljännen vaihtoehdon kustannusarvio on lähes kaksinkertainen vaihtoehtoon kolme verrattuna.

Viidennessä layout-vaihtoehdossa suunniteltiin Isonkyrön tehtaan yhdistämistä Laihian tehtaaseen. Tällöin tuotantopinta-alaa kasvatettiin 2 400 m²:llä. Tehtaan layout järjesteltiin uudelleen. Nykyinen automaattivarasto siirrettiin laajennusosaan. Laajennusosaan hankittiin automaattivarasto ja hallinosturi. Lisäksi arvioitiin Isonkyrön koneiden siirrosta ja layout-muutoksista aiheutuvia kustannuksia. Viidennen layout mallin kustannusarvio on 2,3-kertainen verrattuna kolmanteen vaihtoehtoon.

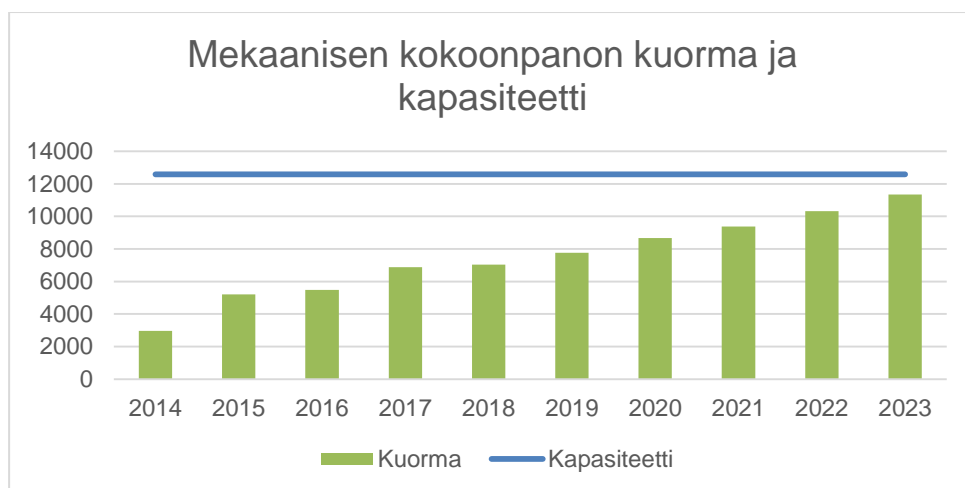
3.4 Kapasiteetilaskelmat

Tuotannossa työskentelee kuusi mekaniikka-asentajaa, joiden lisäksi yksi asentaja tekee puolet työajastaan kokoonpanotöitä ja puolet ajasta hoitaa kuljetuksia Laihialta Isonkyröön. Kolme sähköasentajaa tekee sähkökokoonpanoa. Tuotteiden tuotantomäärien vaihdellessa sähkökokoonpanijat tekevät asennustöitä kaikille koneille. Tuotannon kannalta olisi tärkeää, että myös mekaniikka-asentajat voisivat tehdä kaikkia tuotteita, eivätkä urautuisi tekemään vain yhtä ja samaa.

Tuotantomäärien perusteella pyritään arvioimaan, kuinka paljon tulevaisuudessa tarvitaan kapasiteettia tuotteiden valmistamiseen. Tuotannon pitäisi pystyä vastaamaan kuormitukseen nopeasti tuotannon laadusta tinkimättä. Arviot perustuvat teoreettisiin valmistusaikoihin ja kapasiteetteihin. Vuosikuormituksen perusteella mekaanisen kokoonpanon

kapasiteetissa on reserviä huomattavasti isompaan kuormitukseen (taulukko 2). Taulukon 2 mukaan teoreettinen kuorma ja kapasiteetti kohtaavat vuonna 2023, minkä vuoksi on kehitettävä keinoja tuotantoaikojen lyhentämiseksi ja kapasiteetin kasvattamiseksi.

TAULUKKO 2. Mekaanisen kokoonpanon kuorma ja kapasiteetti tunteina vuosittain



Vuosikuormituksen perusteella sähkökokoonpanon kapasiteetissa on reserviä huomattavasti isompaan tuotantokuormitukseen (taulukko 3). Arviot perustuvat teoreettisiin valmistusaikoihin ja kapasiteetteihin. Sähkökokoonpanon kuormituksen ja kapasiteetin välinen ero on suuri. Taulukon 3 perusteella sähkökokoonpanon kapasiteetti on riittävä kuorman määrään verrattuna.

TAULUKKO 3. Sähkökokoonpanon kuorma ja kapasiteetti tunteina vuosittain



Sähkökokoonpanoa on kolmea eri tyyppiä. Ensimmäisessä tyypissä sähkökokoonpanija valmistelee esimerkiksi sähkökaappia asennusta varten. Toisessa tyypissä sähkökokoonpanija käy tekemässä jonkin pienen liitostyön, jotta mekaaninen kokoonpanija voi jatkaa kokoonpanoa. Viimeisessä tyypissä sähkökokoonpanija tekee useita päiviä sähkökokoonpanoa ilman mekaniikka kokoonpanoa välillä. Koska tuotteiden kokoonpano ei mene vaiheittain mekaanisen kokoonpanon ja sähkökokoonpanon välillä, kuten 1. mekaaninen kokoonpano, 2. sähkökokoonpano, 3. mekaaninen kokoonpano ja kolmannen vaiheen jälkeen tuote on valmis. Tämä kasvattaa kuorman ja kapasiteetin väliä, koska kokoonpanija voi välillä joutua odottamaan päästäkseen tekemään kokoonpanoa. Tämän vuoksi tuotantoon syntyy odotushukkaa.

3.5 Kapasiteetin kehitysideat

Kokoonpanossa on kapasiteettia tarpeeksi, mutta kehitystoimenpiteillä voitaisiin todellista kapasiteettia lisätä (taulukko 6). Kaikki kehitystoimet eivät tuo kirjaimellisesti lisääaikaa tuotannolle vaan käyttää hyödyllisemmin käytettävissä olevan ajan. Ensimmäisenä kehityskohteena on osien odottamisesta ja toisesta kokoonpanovaiheesta johtuvat odottamisen hukka. Odotus-hukkaa vähennetään nykytilanteessakin, kun osat tarkistetaan ja mitataan niiden saapuessa. Kokoonpanemalla osista puolivalmisteita voitaisiin havaita, jos osat eivät ole keskenään yhteensopivia. Väärien tai viallisten osien löytyessä voitaisiin tilanne korjata hyvissä ajoin ilman että toimitusaika pitenisi.

Keräilyn parantaminen niin, että se toimii täydellisesti ja kokoonpanijoiden ei tarvitsisi hakea komponentteja itse. Tätä pystytään parantamalla lisäämällä imuhylyjä kokoonpanoalueille, mihin voidaan sijoittaa kokoonpanoalueella käytettäviä isoja komponentteja. Tällöin loput komponentit mahtuvat keräilyvaunuihin kerättäväksi materiaaivarastosta. (12.)

Valmiiden koneiden pakkaamisen hoitaa tällä hetkellä kokoonpanijat. Koneiden pakkaaminen on aikaa vievää, sillä koneet pitää pakata hyvin jotta ne pysyvät pystyssä kuljetuksen ajan. Koneiden pakkaustyötä varten voisi kouluttaa henkilöitä, jotka eivät työskentele kokoonpanijoina, jolloin voitaisiin keskittää jokainen työntekijä tekemään ydinsaamistaan.

Tällä hetkellä tuotannossa työskennellään yhdessä vuorossa. Kahteen vuoroon siirtymisellä saadaan kasvatettua tuotantokapasiteettia, mutta se vaatii lisää kokoonpanijoita ja tuotantomäärien kasvamista. Layout muutoksien ansiosta voidaan mahdollistaa useamman tuotteen yhtäaikainen kokoonpano, jolla pystytään lisäämään kapasiteettia ja samalla tasaisesti kuormittamaan kokoonpanijoita. Usean koneen yhtäaikaisen kokoonpanon ansiosta voidaan lisätä kokoonpanijoiden määrää ja sitä kautta kasvattaa tuotannon kapasiteettia. Kuormituksen äkillisten vaihteluiden vuoksi yritys voi hankkia kokoonpanijoita. Ulkopuoliset kokoonpanijat ovat tavallisesti asennus- ja kokoonpanotyön ammattilaisia asennusyrityksistä.

Kokoonpanon vaiheistamiseen voidaan vaikuttaa myös tuotteiden suunnittelulla. Tuotteiden suunnittelussa tulisi käyttää enemmän DFM eli Design for Manufacturing ajattelutapaa ja moduloida tuotteita. Modulaarinen tuote voitaisiin valmistaa varastossa olevista puolivalmisteista ikään kuin palapeli. Tällöin tuotteen kokoonpano voidaan vaiheistaa paremmin ja tuotannon kuormittaminen on helpompaa.

4 TUOTTEIDEN KOKOONPANOTARKASTELU

4.1 Kokoonpano

Kokoonpano on prosessi, jossa itsevalmistetut tai muualta hankitut osat sekä standardikomponentit ja tarvikkeet yhdistetään toisiinsa uudeksi tuotteeksi. Kokoonpano voidaan suorittaa omassa tehtaassa tai osakokoonpanoina, jolloin osakokoonpanot asennetaan toimivaksi tuotteeksi toimituspaikalla. Asiakkaan luona tapahtuva kokoonpano on asennustyötä. Kokoonpano on usein vieläkin käsityövaltaista, mutta suuria määriä valmistettaessa päädytään automatisoituun kokoonpanoon. (13, s. 111.)

Tuotteita valmistetaan siten, että isompia kokonaisuuksia tehdään pienissä erissä ja vastaavasti taas suuria määriä kooltaan pienempiä tuotteita. Suuret koneet ovat yleensä ainutlaatuisia ja koko luokaltaan hyvinkin suuria, kuten esimerkiksi teräsrakenteet. Kokoonpanotekniikat ovat erilaisia riippuen kokoonpantavasta tuotteesta. (13, s. 111.)

Kokoonpanotyön osuus tuotteen kokonaistyöajasta voi olla jopa yli 30 %. Pienerätuotannon kokoonpanijat ovat yleensä erikoiskoulutuksen saaneita alan ammattilaisia, jotka kykenevät suorittamaan haastavia tehtäviä itsenäisesti. Kokoonpano vie suuren osan tuotantotiloista, joita kokoonpanossa käytetään vain yhden vuoron ajan. Kokoonpano voi sitoa varoja keskeneräiseen tuotantoon ja varastoihin. Kokoonpanotyöhön sisältyy kappaleiden käsitlemistä, kuljettamista paikasta toiseen, varastointia, yhteen liittämistä ja tarkastamista. (13, s. 111.)

Tuotteen jalostusarvoa kasvatetaan periaatteessa ainoastaan liittämisessä. Muut toiminnot, kuten tarkastaminen, siirrot, käsittelyt ja varastoinnit eivät jalosta tuotetta vaan aiheuttavat aikaviivästyksiä ja kustannuksia. Kokoonpano ei ole kuitenkaan mahdollista ilman näitä toimintoja. Ei-jalostavien toimintojen osuus on pyrittävä pitämään mahdollisimman pienenä. Kokoonpanon suureen osuuteen tuotteen kustannuksia ei aina johdu itse kokoonpanosta, vaan muista sitä edeltävistä vaiheista, joissa kokoonpanoa ei ole huomioitu tarpeeksi. (13, s. 111.)

4.2 Manuaalisen kokoonpanon kehittäminen

Kokoonpanon kehittäminen on tärkeää, sillä se on merkittävä kustannuserä ja tilan käyttösuus on suuri. Kokoonpanoa harvoin valitaan selkeäksi ja tavoitteelliseksi kehittämis-kohteeksi, vaikka merkittävä järjeistäminen on mahdollista asiaan perehtymisellä ja pienillä investoinneilla. (13, s. 119.)

Jokaisen kokoonpaneavan yrityksen tulisi valita asiantuntijoista ja työntekijöistä koostuva työryhmä, joka analysoisi oman tuotannon tilanteen suhteessa kilpailijoihin.

Arvioitavia asioita ovat esimerkiksi,

- mikä on kokoonpanossa käytettävän ajan osuus työtunneista ja valmistuskustannuksista
- onko kokoonpanossa puutteita
- miten paljon tehdään turhaa työtä, joka ei tuo lisäarvoa tuotteelle
- onko sisäinen ja ulkoinen logistiikka kunnossa
- onko materiaalin varastointi toimiva
- onko työskentelypisteet toimivat
- mikä on kokoonpanon läpäisy aika. (13, s. 119.)

Jos työryhmän analyysiin perusteella on tarvetta järjeistämiseen, on syytä suorittaa tarkempi arviointi tilanteesta. Arvion perusteella käynnistetään kehitystyö, jonka tarkoituksena on löydettyjen parannuskohteiden kehittäminen. (13, s. 120.)

Suurin osa kokoonpanoajasta kuluu jalostamattomaan työhön eli hukkaan, kuten kuljetuksiin ja osien hakemiseen. Päätapahtuma kokoonpanossa tulisi olla komponenttien liittäminen toisiinsa. Tutkimuksen mukaan viidessä suomalaisyrityksessä tehdyssä ajankäytön seurantatutkimuksessa todettiin, että alle kolmasosa käytettävissä olevasta ajasta kuluu tuotteen jalostamiseen. Lisäksi jalostavan osuuden sisällössä havaittiin kehitysmahdollisuuksia. (13, s. 121.)

Tehostettaessa kokoonpanoa halutun lopputuloksen saavuttamiseksi on huomioitava kaikki kokoonpanon osatekijät. Käytännössä tarkastelu aloitetaan tuotteesta, joka määrittää kokoonpanon suoritustavan. Kokoonpanon huomioon ottamisella suunnittelussa voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä kokoonpanokustannuksissa. Tavoitteena on löytää nopein ja edullisin tapa kokoonpanna tuote. Kokoonpanon sujuvuutta voidaan kehittää suhteellisen pienin parannuksin tuoterakenteen ollessa onnistunut. Kokoonpanon tarkemmalla suunnittelulla saavutetaan hyötyjä, esimerkiksi sovittamistarpeiden vähene mistä ja parempaa yhteensopivuutta. (13, s. 121.)

Kokoonpano vaatii ennakkosuunnittelua, valmistelua ja organisointia toimiakseen järkevästi ja häiriöttömästi. Paras mahdollinen lopputulos saavutetaan, kun ennakkosuunnittelu tehdään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Kokoonpanosta tarvitaan laajat toiminnalliset yhteydet koko tehtaan verkkoon, kuten esimerkiksi markkinointiin, tuotesuunnitteluun, tarvelaskentaan ja ostoon. Jokaisen vaiheen suunnittelussa on muistettava ottaa huomioon myös ajankäyttö. Riittävän ja oikea-aikaisen tiedon merkitys korostuu juuri kokoonpanossa. Kokoonpanon yksityiskohtien tiedon jakamisella ja kokoonpanijoiden kouluttamisella on mahdollista tehostaa kokoonpanoa merkittävästi. (13, s. 121.)

Tuotteen kokoonpanossa on tärkeää, että

- tiedetään, mitä ja miten kokoonpannaan
- tiedetään, mitä komponentteja missäkin vaiheessa asennetaan
- tiedetään, mitä työkaluja ja apuvälineitä työpisteellä tarvitaan
- tiedetään, miten kokoonpano tapahtuu
- tarvittavat materiaalit ovat saatavilla joko esimerkiksi materiaalivarastosta tai keräilyvaunusta
- tarvittavat täydennykset tulevat ajallaan
- ammattitaitoista työvoimaa on riittävästi käytettävissä. (13, s. 121.)

Kokoonpanopiirustukset ja osaluettelot ovat kokoonpanon tärkeimmät asiakirjat. Piirustuksissa selvitetään, miten työ on suunniteltu tehtäväksi ja mitä lopputulosta tavoitellaan. Osaluetteloista selviää käytettävät osat ja komponentit sekä niiden kappalemäärät. (13, s. 122.)

Työvaiheet voidaan suorittaa monilla eri tavoilla. Työpaikan järjestyksen määrittää valittu työmenetelmä. Työmenetelmien kehittämisen aloittaminen nolatilanteesta on harvoin mahdollista. Yleensä tuote, tuotantojärjestelmä ja -tilat ovat olemassa. Ne eivät silti saisi rajoittaa liikaa kehitystyötä, koska silloin on vaara juuttua vanhaan ja tuttuun toimintamalliin. Parempi lähtökohta on ideoida erilaisia menetelmiä ja ottaa parhaat vaihtoehdot tarkempaan käsittelyyn. (13, s. 122.)

Jalostavan työn osuus kokoonpanossa on mahdollista jopa kaksinkertaistaan, jos kokoonpano on organisoitu hyvin, työpaikalla on tarvittavat työkalut ja ennakkosuunnittelulla luodaan häiriöttömän toiminnan edellytykset. Laatu merkitsee kokoonpanossa osien ja komponenttien yhteensopivuutta sekä toimivaa ja vaatimukset täyttävää tuotetta, jonka osat voidaan liittää toisiinsa ainoastaan yhdellä tavalla. Siksi osien ja komponenttien mittojen on oltava toisiinsa nähden sopivia toleransseja. Osilta, kokoonpanoilta ja valmiilta komponenteilta vaaditaan myös toimimista erikseen ja yhdessä halutun tavan eli toimintatoleranssien mukaan.

Kehittäminen kokoonpanossa aloitetaan osavalmistuksesta. Käytettävien osien sovittava toisiinsa ja niitä on oltava saatavilla tarvittaessa. Ellei nämä perusedellytykset ole kunnossa, menevät hukkaan muutkin kehitystyöt. Varsinaisen kokoonpanon kehittäminen jaetaan kahteen osa-alueeseen: turhan työn poistamiseen ja tarpeellisen työn kehittämiseen. Turhalla työllä tarkoitetaan työtä, joka ei jalosta tuotetta tai jota ei lainkaan tarvita. Kun työ tehdään parhaimmalla ja järkevimmällä tavalla, se edistää tuotteen kokoonpanoa ja on tarpeellista työtä. Sitä voidaan kehittää hyvien työkalujen ja apuvälineiden avulla, joita ovat esimerkiksi kokoonpanokiinnittimet ja materiaalin käsittely- ja syöttölaitteet. Lisäksi tarpeellista työtä voidaan kehittää työmenetelmien kehityksellä. Työmenetelmien kehittämisessä lyhennetään etäisyyksiä, helpotetaan tarttumista, pyritään pitämään liikeradat suoraviivaisina ja mahdollistetaan työskentely molemmilla käsillä. Näitä kaikkia edellä mainittuja tekijöitä pidetään työmenetelmien kehittämisen perusohjeina. (13, s. 122–123.)

Lähtökohta kokoonpanon materiaalihuollolle on, että oikeat materiaalit saapuvat oikeaan aikaan kokoonpanopaikalle. Materiaalihuolto voi olla ohjattua tai itseohjautuvaa, sen hoitavat joko kokoonpanijat itse tai ulkopuolinen henkilöstö. Turhan materiaalin välttämiseksi

kokoonpanopisteellä on materiaalitäydennykset pyrittävä järjestämään juuri oikeaan aikaan. Toteutuksen edellytyksenä on tarkka ajoittaminen ja toimituksien tilaaminen tarveerittäin. Materiaalihuollolle aiheuttaa ongelmia ajoituksen ohella myös suuret nimikemäärät ja volyymit. Kokoonpanopaikalla varastointi vie tilaa, minkä seurauksena kokoonpanon vaatima tila kokonaispinta-alasta kasvaa ja etäisyydet pitenevät. Monissa tapauksissa toimiva varastointiratkaisu on paternostervarasto, johon mahtuvat suuret volyymi ja nimikemäärät. (13, s. 124.)

4.3 Tilauksesta kokoonpano

Tilauksesta kokoonpano lähtee liikkeelle asiakkaan tekemästä tilauksesta, joka käynnistää välivarastossa olevien puolivalmisteiden kokoonpanon. Kokoonpanon jälkeen tuote sekä testataan että tarkastetaan ennen pakkausta ja lähetystä asiakkaalle. Valmistettavat tuotteet ovat yleensä modulaarisia ja moduleiden tuotanto tapahtuu ennakoiden. Moduleiksi kutsutaan tuotteen toiminnallisia osia. Moduloinnissa tuote puretaan fyysisesti erilaisiin asiakastarpeiden mukaisiin toiminnallisiin osiin. Tavoitteena on, että yhdistelemällä pienestä määrästä moduuleita saadaan suuri määrä lopputuotteita. (14; 15.)

Parhaimmillaan tilauksesta kokoonpano on tilanteessa, jossa tuote on modulaarinen. Tällöin tuote voidaan yhdistellä rajallisesta määrästä vakioituja moduuleja. Tällä tavoin voidaan luoda suuri määrä erilaisia lopputuotekombinaatioita ja saadaan asiakkaalle suuri valikoima erilaisia lopputuotekombinaatioita mahdollisimman lyhyellä toimitusajalla. Kun moduuleja on vähemmän kuin lopputuotekombinaatioita, on tuotannon näkökulmasta varastoon liittyvät riskit ja sitoutunut pääoma pienempiä verrattuna varasto-ohjautuvaan tuotantoon (14). Varasto-ohjautuvassa tuotannossa tuotteet valmistetaan esimerkiksi lopputuotevarastoon ennusteiden perusteella. (16).

Tilauksesta kokoonpanon vaatima tuotteen modularisointi on usein haastavaa ja aikaa vievää. Modularisointi vaatii tuotekehityksen- ja suunnittelun tiivistä panostusta. Ideaalitalanteessa, toimintaperiaate sovittaa yhteen lyhyet toimitusajat ja asiakkaan suuren valinnanvaran tehokkaaseen tuotantoon. Tilauksesta kokoonpano onkin yksi massaräätälöinnin toteutusmuotoja. (14.)

4.4 Työn tutkimus

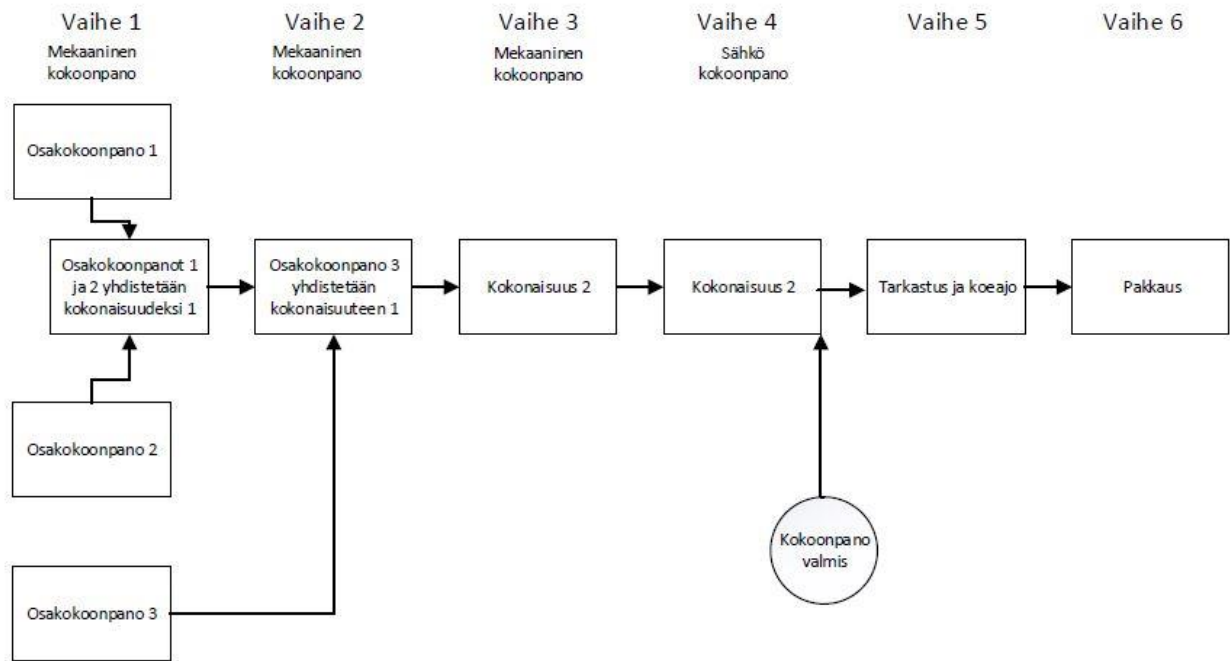
Kaikkia työn tuottavuuden kehittämiseen tähtääviä tutkimuksia nimitetään työtutkimukseksi. Työtutkimus on järjestelmällistä tutkimusta, jossa tarkoituksena on löytää työntekijöiden, materiaalien ja tuotantovälineiden yhteistoiminnalle paras menettelykeino. Tavoitteena on myös luoda hyvät työolosuhteet ja työn suorittamiseksi tarvittavan ajan määrittäminen. Määritelmän mukaan työntutkimusta voidaan soveltaa kattavasti koko tuotantojärjestelmään. Yleensä työtutkimus käsittää työnmittauksen sekä ajankäyttö- ja menetelmätutkimuksen. (4, s. 490.)

Työn tutkimuksen tavoitteita ovat

1. ajankäytön tehostaminen eli työtä pyritään kehittämään siten, että työaikaä käytetään mahdollisimman tehokkaasti välittömään työtehtävään eikä tuottamattomiin apu-, tauko- ja häiriöaikoihin
2. työnkulun tehostaminen, jolloin tuotantoprosessin peräkkäisten vaiheiden järjestellään siten, että toiminta on mahdollisimman tehokasta
3. yksittäisten työnvaiheiden tehostaminen, jolloin työolosuhteita, työvälineitä ja suoritustapaa muuttamalla saadaan kehitettyä työnvaiheen tehokkuutta
4. työliikkeiden kehittäminen eli työliikkeitä parannetaan yksityiskohdittain tehokkuuden nostamiseksi, ergonomian ja työturvallisuuden kehittämiseksi. (4, s. 490.)

4.5 Kaulustuskoneen kokoonpanotarkastelu

Tuotteen kokoonpanotarkastelussa perehdyttiin tuotteen kokoonpanoprosessiin ja tutkittiin mahdollisia kehityskohteita. Tarkastelulla pyrittiin löytämään ratkaisuja tuotteen kokoonpanoajan ja toimitusajan lyhentämiseksi. Kokoonpanoprosessi jaettiin kuuteen eri vaiheeseen. Jokaisessa vaiheessa selitettiin kesto aika, kokoonpanossa tarvittavat resurssit ja kokoonpanojärjestys. Tuotteen kokoonpanojärjestys kuvattiin prosessikaaviota apuna käyttäen (kuva 12). Viimeisenä esiteltiin kehitysideat ja ratkaisuehdotukset.



KUVA 12. Kaulustuskoneen kokoonpanoprosessi

Hyvissä ajoin ennen kokoonpanon aloittamista keräilijä kerää tarvittavat komponentit. Komponentit keräillään keräilyvaunuihin, joilla ne siirretään kokoonpanopisteelle. Kaikki osat eivät mahdu keräilyvaunuun, jolloin keräämättömät osat jäävät kokoonpanijan haettavaksi. Komponenttien uupuessa keräilystä muodostuu puutelistä. Kokoonpano voidaan kuitenkin aloittaa, vaikka kaikki osat eivät ole varastossa. Keräilyn jälkeen kokoonpanija suorittaa kokoonpanon.

Kokoonpanoprosessin aloitetaan osakokoonpanoilla (kuva 12). Osakokoonpanojen 1 ja 2 kokoonpanoaika yhteensä on sama kuin osakokoonpanon 3. Osakokoonpanot 1 ja 2 valmistetaan toisistaan erillisinä ja liitetään yhteen, jota kutsutaan kokonaisuudeksi 1. Seuraavassa vaiheessa kokonaisuuteen 1 liitetään osakokoonpano 2 ja yhdistelmää nimitetään kokonaisuudeksi 2. Kolmannessa vaiheessa jatkuu kokonaisuuden 2 mekaaninen kokoonpano ja vaiheessa neljä tehdään kokonaisuuden 2 sähkökokoonpano, minkä jälkeen koneen kokoonpano on valmis.

Seuraavaksi koneelle suoritetaan tarkastus ja koeajo. Koneesta tarkistetaan toimivuuden kannalta tärkeitä asioita kuten, sähköasennukset ja logiikkaohjelman asennus. Lisäksi varmistetaan, että kaikki rasvaukset on tehty kokoonpanon aikana ja tarkistetaan koneen säädöt.

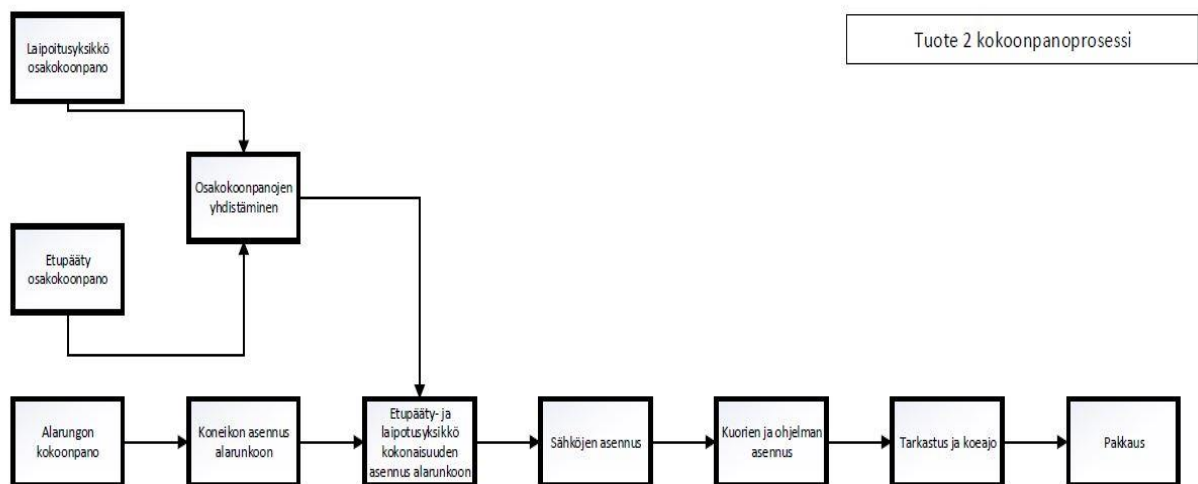
Ensimmäisenä koeajossa testataan, että kone pystyy tuottamaan asiakkaan vaatimia putkikokoja. Koeajot tehdään asiakkaan putkeen, jolloin voidaan varmistua koneen kyvystä valmistaa oikeanlaista tulosta. Seuraavaksi suoritetaan koneelle melunmittaus, jossa varmistetaan, että kone ei ylitä suurinta sallittua meluarvoa. Melunmittauksen jälkeen koneelle suoritetaan paikoitus-, toisto-, ja kulmatarkkuuden mittaus. Koeajon jälkeen suoritetaan rasvaukset ohjeen mukaisesti. Rasvauksen jälkeen suoritetaan visuaalinen tarkastus koneelle. Lopuksi kirjataan huomiot, puutteet ja parannusideat muistiin. Testit ovat itsemääriteltäviä ja osin lakisääteisiä. Tämän jälkeen tuote pakataan ja siirretään lähettämöalueelle odottamaan lähetystä asiakkaalle.

4.6 Laipoituskoneen kokoonpanotarkastelu

Tuotteen kokoonpanotarkastelussa perehdytään laipoituskoneen (kuva 13) kokoonpanoon ja samalla luodaan yleismallinen työohje tuotteen kokoonpanoprosessista (kuva 14). Ohjeessa tuotteen kokoonpano jaetaan eri vaiheisiin. Vaiheet kuvattiin visuaalisesti, jotta kokoonpanija saa selkeän käsityksen kokoonpanojärjestyksestä ja tärkeistä tarkastuksista, jotka pitää tehdä ennen seuraavaa vaihetta.



KUVA 13. Kokoonpanotarkastelun laipoituskone



KUVA 14. Laipoituskoneen kokoonpanoprosessi

Tuotteen kokoonpano aloitetaan alarungosta. Kokoonpanossa on varmistuttava, että on käytetty oikeita osia ja niihin sopivia työkaluja. Seuraavaksi alarunkoon asennetaan alihankkijalta tilattu koneikko. Koneikon asentamisen jälkeen kokoonpannaan kaksi osakokoonpanoa erillään pääkokoonpanosta. Ensin kokoonpannaan etupäätyosakokoonpano ja sen jälkeen laipoitusyksikkö. Seuraavaksi nämä kaksi osakokoonpanoa yhdistetään yhdeksi kokonaisuudeksi. Kokonaisuus asennetaan pääkokoonpanoon eli alarunkoon. Kokonaisuuden asennuksen jälkeen on varmistuttava, että laipoitusyksikköä voidaan pyörittää manuaalisesti. Seuraavaksi koneeseen asennetaan sähkökaappi ja tehdään loput sähkötyöt. Viimeisenä kokoonpanovaiheena koneeseen asennetaan koneen kuoret ja ohjelma (kuva 14).

Viimeisen kokoonpanovaiheen jälkeen kone tarkastetaan ja koeajetaan. Tarkastuksessa varmistetaan ensiksi, että kaikki osat ja komponentit ovat oikeilla paikoillaan. Seuraavaksi tarkastetaan sähkökytkentöjen asennukset. Kokoonpanojen tarkistamisen jälkeen siirrytään koeajovaiheeseen. Testit tehdään koeajopöytäkirjan mukaisessa järjestyksessä. Koeajossa koneelle tehtävillä testeillä varmistetaan, että kone täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset, kuten turvallisuus- ja toimivuusvaatimukset. Työnjohtaja hyväksyy koneen, kun se on läpäissyt hyväksytysti koko tarkastuksen ja koeajon. Tämän jälkeen kone pakataan kokoonpanopisteellä ja siirretään lähettämöalueelle lähetystä varten (kuva 14).

4.7 Kokoonpanon kehitysideat

Kaulustuskoneita on komponentteina ja osina omassa varastossa. Varastossa oleviin osiin on sitoutunut varoja. Varastossa olevia osia voidaan käyttää kokoonpanossa, mutta myös varaosina tarpeen tullessa. Ainakin puolet varastossa säilytettävistä osista tulisi valmistaa puolivalmisteita. Puolivalmisteiden valmistamisella voitaisiin ennalta ehkäistä tuotannon odottamista, koska kokoonpanovaiheessa havaittu komponentti puutos tai viallinen osa ehditään korjata ennen kuin asiakastilausta on vastaanotettu. Puolivalmisteet auttavat vaiheistamaan koneiden kokoonpanoa. Yksi kokoonpanija voi tehdä puolivalmisteita, kun toinen kokoonpanija asentaa puolivalmisteita valmiiksi tuotteeksi. Lisäksi puolivalmisteita tekemällä voidaan paikata tuotannossa syntyvää mahdollista osien odottamista. Asiakastilauksen tullessa tuotetta olisi jo kokoonpantuna, joka lyhentää toimitusaikaa parhaillaan useita päiviä jopa viikkoja. Puolivalmisteiden tekemistä voidaan soveltaa myös tuotteen kaksi kokoonpanon kehitykseen.

Alihankinnassa valmistamista kannattaa harkita sellaisten tuotteiden osalta, jotka vievät paljon tilaa hyllyssä ja ovat suhteellisen nopeita tehdä. Työkalupöydän ja putken kannattimen siirtäminen alihankintaa vähentäisi varaston arvoa ja varastoitavien nimikkeiden määrää. Tuotteet voitaisiin tilata tarpeen mukaan ja tulisivat valmiiksi pakattuna, jolloin ne voitaisiin nopeasti tarkistaa ja lisätä koneen mukaan.

Osakokoonpanojen variaatioiden määrää vähentämällä voitaisiin laskea varaston arvoa jopa 25 %. Kokoonpanopisteisiin tulisi lisätä imuohjaus, minne voitaisiin ohjata pääkomponentit, kuten rungot, sähkömoottorit, vaihteistot ja tehtävät puolivalmisteet (12). Koneen runko tulisi kiinnittää pukkeihin tai kokoonpanopöytään, ettei runko pääse tippumaan alas pukeilta. Rungot ovat raskaita ja voi aiheuttaa työtapaturman työntekijälle. Työtapaturmia ehkäistään 5S-järjestelmällä, joka ylläpitää työpisteen järjestystä ja siisteyttä.

Koeajopöytäkirja kannattaisi muuttaa sähköiseen muotoon (2). Tiedot tallentuisivat tietokantaan, josta tietyn testin tuloshistoria olisi helppo hakea. Tietoja voitaisiin käyttää tuot-

teiden kehityksessä ja huollon apuna mahdollisen vian etsinnässä. Jatkokehitys mahdollisuutena on syytä miettiä testien tarpeellisuutta tai uusien testien lisäämistä, jotta saadaan hyödyllistä tietoa tuotteiden- ja koeajon kehittämisen kannalta.

Pakkaamisen ja pakkauslavan kehitys. Tällä hetkellä valmiiden tuotteiden pakkaaminen on kokoonpanijoiden tehtävä. Tuotantomäärien kasvaessa pakkaustehtäviä varten tulisi kouluttaa erilliset pakkaajat, joilla olisi tarvittava tietotaito, miten kone voidaan kiinnittää pakkauslaatikkoon ja varmistetaan, että kone pysyy ehjänä perille saakka. Pakkaustehtävien siirtämisestä kokoonpanijoilta pakkaajille voidaan vapauttaa lisää kokoonpanoaikaa kokoonpanotehtäviä varten. Teollisuuskoneet pakataan puulavalle, mihin koneet kiinnitetään pulttaamalla. Syy pulttaukseen on se, että kone pysyy lavalla, vaikka lava kaatuisi ja mahdolliset lentokuljetukset vaativat laitteen olemaan hyvin kiinnitettynä kuormalavassa (12). Tällä hetkellä pakkauslava tilataan osina tehtaalte, jonka jälkeen pakkauksen osiin tehdään kiinnitysreikiä ja muita kiinnitykseen tarvittavia muutoksia. Tilattavia osia voisi kehittää niin, että ne olisivat pitemmälle valmiita paloja. Esimerkiksi kone nostettaisiin pohja palan päälle, jossa on valmiit koneen kiinnitysreiät ja sitten sivu- ja katto-palaset paikalleen.

5 YHTEENVETO

Ensimmäinen pääkohta opinnäytetyössä oli kartoittaa tuotannon layoutin kehityskohteita ja kehittää tutkimuksen pohjalta uusia layout-suunnitelmia sekä tuottaa tietoa muutoksiin tarvittavista toimista ja kustannuksista. Jatkuvan parantamisen työkalun PDCA-syklin käytöstä layoutsuunnittelussa ei ollut aiempaa kokemusta, minkä vuoksi layoutsuunnittelu vei hieman suunniteltua pitempään. PDCA-syklin avulla layoutsuunnittelu onnistui systemaattisesti. Toinen työn pääkohta oli suorittaa kahden tuotteen kokoonpanotarkastelu. Tutkimukselle oli tarvetta, sillä toimeksiantajayrityksen tarkoituksena on kasvaa hallitusti, minkä vuoksi tuotannon kehittäminen on tärkeää. Työlle asetetut tavoitteet täytettiin onnistuneesti.

Alkuperäisen suunnitelman mukaan kokoonpanotarkastelussa oli tarkoituksena paneutua vielä tarkemmin tuotteen kokoonpanemiseen ja kokoonpanopisteen resurssien kuten työkalujen, materiaalihyllysten ja työskentelytasojen sijoitteluun. Lopulta kokoonpanotarkastelussa päädyttiin rajaamaan aihetta ja paneuduttiin kokoonpanoprosessiin kuvaamiseen ja kehitykseen. Kokoonpanopisteen suunnittelusta luovuttiin, sillä se on ajankohtainen vasta, kun päätös käytettävästä layout-mallista on tehty. Tässä työssä suunniteltiin ainoastaan layout-mallit ja määriteltiin tuotannon eri alueiden sijainnit. Työpisteiden suunnittelu jää yritykselle.

Yrityksen valmistamien tuotteiden kysyntä voi vaihdella paljon, jolloin tuotantoalueet eivät saa olla liian kiinteitä tai huonosti muunneltavissa. Yrityksen tämän hetkinen layout-malli on solulayout, jota ei ole valmistettavien tuotteiden ja tuotantomäärien perusteella järkevää lähteä muuttamaan tuotantolinjalayoutiin. Myös valmistettavien tuotteiden kokoonpanoajat vaihtelevat paljon, minkä vuoksi yrityksen kannalta paras vaihtoehto on pysyä solulayoutissa.

Työssä luotiin viisi uutta layout-suunnitelmaa. Layout-mallit 1 ja 2 sopivat käytettäväksi nykyiseen tuotantotilaan, ja niissä on sekä hyviä että huonoja puolia. Hyviä puolia ovat materiaalivarastoinnin kehitys, tuotannon järjestyksen ja työturvallisuuden parantuminen. Huono puoli on tilan puute, jonka vuoksi tuotannon alueita ei voi kasvattaa vaadittavalle

tasolle eikä järjestelyä saada parhaaksi mahdolliseksi materiaalivirtojen kannalta. Tuotantoalueisiin tarvitaan enemmän tilaa, jotta voitaisiin kehittää soluja toimivammaksi ja valmistaa enemmän tuotteita.

Layout-malleissa 3 ja 4 nykyisen tuotantotilan yhteyteen suunniteltiin rakennettavaksi laajennusosa. Mallissa 3 laajennuksen suuruus oli 1 000 m², kun taas mallissa 4 laajennus oli 2 000 m². Layout-suunnitelmissa tuotantotilat järjesteltiin siten, että nykyisessä tuotantotilassa säilytettiin kokoonpanosolut ja tavarän lähettämöalue. Laajennusosaan siirrettiin tukitoimet, kuten esimerkiksi materiaalivarasto, huoltoalue, mittaus- ja tarkastusalue ja tavarän vastaanottoalue. Laajennuksen ansiosta layout-mallissa 3 voitiin suurentaa tuotantosoluja riittävästi, minkä ansiosta tuotantosoluista saadaan enemmän tuotteita valmiiksi. Pihamuutosten ja tuotantosolujen uudelleen järjestelyn ansiosta materiaalivirtaus suunnattiin läpi tehtaan tavarän vastaanotosta lähettämöön. Laajennus oli sopivan kokoinen, koska kaikkia alueita voitiin muokata vapaasti ja järjestys saatiin toimivaksi. Lisäksi laajennusosaan jäi vielä 100 m² ylimääräistä tilaa, joka voidaan tarvittaessa ottaa hyötykäyttöön.

Neljännän layoutin muutokset olivat hyvin samanlaiset kuin kolmannessa. Erona oli ainoastaan se, että nykytilojen puolelle rakennettiin konttorit ja tuotekehitystila säilytettiin ennallaan. Hyviä puolia olivat tuotannon kasvattaminen ja materiaalivirtojen muutokset haluttuun suuntaan. Mallin suunnittelun alussa kävi jo selväksi, että kyseisessä suunnitelmassa laajennuksen jälkeen jää liian paljon tyhjää tilaa.

Viidennessä layout-vaihtoehdossa rakennettiin 2 400m²:n laajennus. Laajennusosaan suunniteltiin tukitoimintojen lisäksi siirrettäväksi Isonkyrön koneistamo. Layout-malli on toimiva, sillä samassa rakennuksessa olisi kokoonpanotehdas ja koneistamo. Suunnitelmasta tulee toteutuskelpoinen, jos tuotantomäärät kasvavat huomattavasti. On kuitenkin huomioitava, että investoinnit voivat olla suuria. Vaihtoehto 5 tuo tuotantoon joustavuutta, sillä puuttuva koneistuskomponentti voidaan parhaassa tapauksessa tehdä samassa tilassa.

Mielestäni yritykselle sopivin suunnitelma on layout-malli 3. Mallissa saadaan keskitettyä materiaalivarastointi yhteen paikkaan. Laajennusosan ansiosta tukitoimet siirretään kokoonpanotiloista pois, jolloin vapautuu lisää pinta-alaa kokoonpanoalueiden käyttöön. Materiaalivirtaus saadaan järjestettyä hallin läpi kulkevaksi. Isoimpiin kokoonpanoalueisiin voidaan keräilyn kehittämiseksi lisätä imuhylyjä. Tällöin keräily saataisiin toimimaan lähes täydellisesti, ja kokoonpanijat, keräilijät ja pakkaajat voivat keskittyä omaan ydinosaamiseensa.

Opinnäytetyön toisena osana tehdä kahdelle tuotteelle kokoonpanotarkastelu, joissa esitettiin tuotteiden kokoonpanoprosessi ja kartoitettiin kehitettäviä asioita. Kokoonpanotarkastelussa onnistuttiin kuvaamaan tuotteiden kokoonpanoprosessit ja niistä saadut havainnot. Tuotteiden kokoonpanon kehittämiseksi suunniteltiin puolivalmisteiden valmistamista ja joidenkin kokonaisuuksien valmistuttamista alihankinnassa. Lisäksi tuotteiden suunnittelussa on syytä käyttää Design for Manufacturing -ajattelutapaa ja pyrkiä modularisoimaan tuotteita. Näillä toimenpiteillä voidaan helpottaa tuotannon kehittämistä.

LÄHTEET

1. Yritys. 2017. T-DRILL pähkinänkuoressa. Laihia: T-Drill Oy. Saatavissa: <https://t-drill.fi/fi/yritysinfo/>. Hakupäivä 5.11.2017.
2. Murtomäki, Juha 2017. Tuotantopäällikkö, T-DRILL Oy. Keskustelu 4.12.2017.
3. Modig, Niklas – Åhlström, Pär 2013. Tätä on lean; ratkaisutehokkuusparadoksiin. 2. painos. Tukholma: Rheologica publishing.
4. Haverila, Matti – Uusi-Rauva, Erkki – Kouri, Ilkka – Miettinen, Asko 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Hämeen Kirjapaino Oy.
5. Lean-ajattelu. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/lean-ajattelu/>. Hakupäivä 8.11.2017.
6. Womack, James P. – Jones, Daniel T. 1996. lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. New York: Simon & Schuster.
7. Bicheno, John – Holweg, Matthias 2016. The lean tool box: a handbook for lean transformation. 5.painos. Buckingham: PICSIE Books.
8. Imuohjaus. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>. Hakupäivä 16.12.2017.
9. Väisänen, Jouni 2013. Viiden ässän kehitystyökalu. Six Sigma. Quality knowhow Karjalainen Oy. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyoeckalu/>. Hakupäivä 6.12.2017.

10. Tuotannon layout. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa:
<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotannon-layout/> Hakupäivä 31.10.2017.
11. Bicheno, John 2004. The new lean toolbox: toward fast, flexible flow. Third Edition. Buckingham: PICSIE Books.
12. Alanen, Aki 2017. Tuotannonkehitysinsinööri, T-DRILL Oy. Keskustelu 11.12.2017.
13. Lapinleimu, Ilkka – Kauppinen, Veijo – Torvinen, Seppo 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1.painos. Porvoo: WSOY.
14. Tilauksesta kokoonpano (ATO). Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa:
<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/tilauksesta-kokoonpano-ato/> Hakupäivä 9.1.2018.
15. Kaivos, Pirjo 1985. Standardisointi ja modulointi yrityksen toiminnan selkeyttäjänä. Esimerkkejä. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
16. Varasto-ohjautuva tuotanto (MTS). Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/varasto-ohjautuva-tuotanto-mts/> Hakupäivä 9.1.2018.





